WS2-3-4

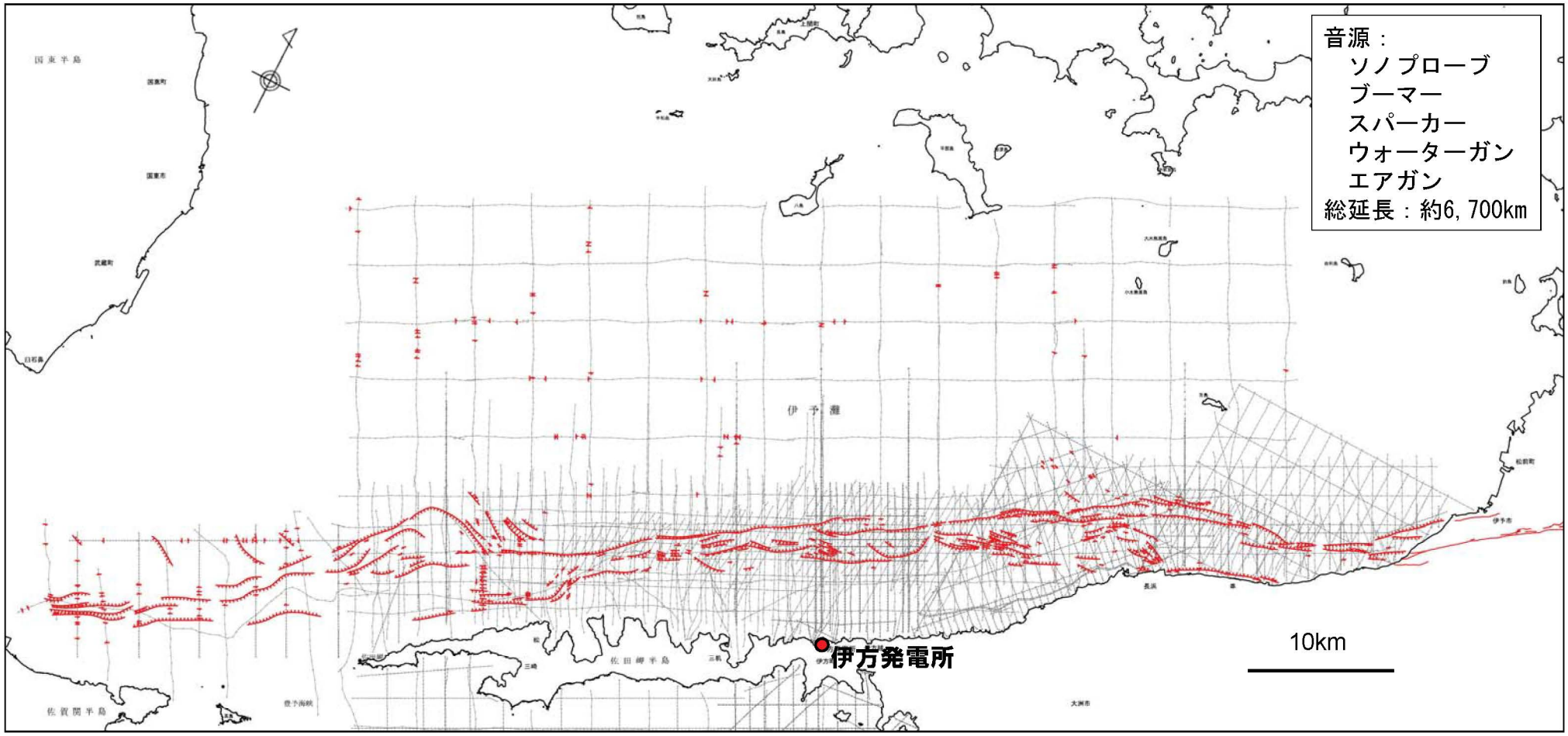
伊予灘の中央構造線付近における音波探査記録

Seismic profiles around MTL in the Iyo-nada Sea area

2017年3月24日

高橋恭平（総合地質調査株式会社）

海上音波探査による活断層分布
Distribution of active faults in the Iyo-nada Sea area



陸域の活断層トレースには，中田・今泉編(2002)「活断層詳細デジタルマップ」，東京大学出版会の「活断層シェイプファイル」を使用した（製品シリアル番号：DAFM0883）

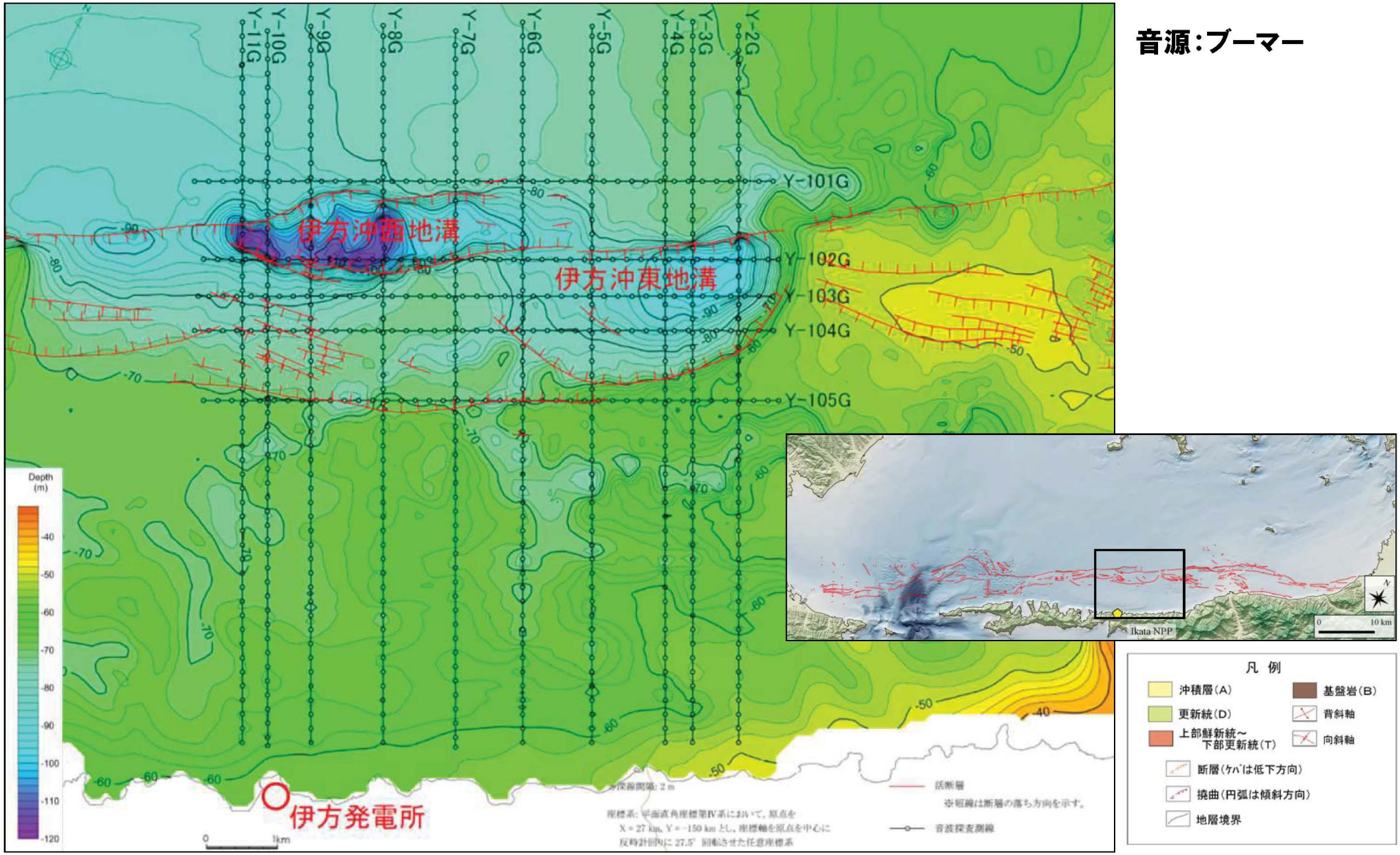
○伊予灘では，四国電力をはじめ産業技術総合研究所，国土地理院，大学グループなど各調査機関により，調査対象深度及び分解能の異なる各種の音源を用いた音波探査が実施され，海底下浅部から深部までの地質構造が把握されている。

○音波探査測線は，佐田岬半島北岸を形成する複数の湾入部を含む海陸境界付近まで展開されており，陸域から海域にかけて連続した地質構造が把握されている。

伊方沖の活断層分布（D層上面等深線図）

Distribution of active faults off the coast of Ikata（Contour map of the upper D layer）

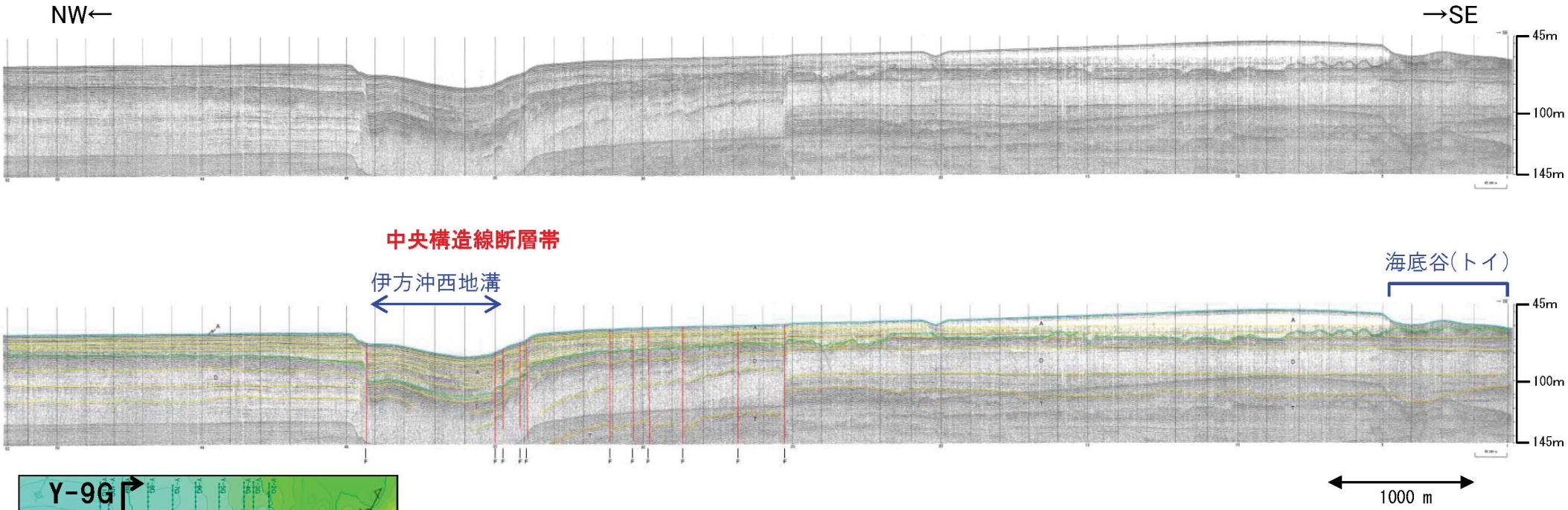
音源：ブーマー

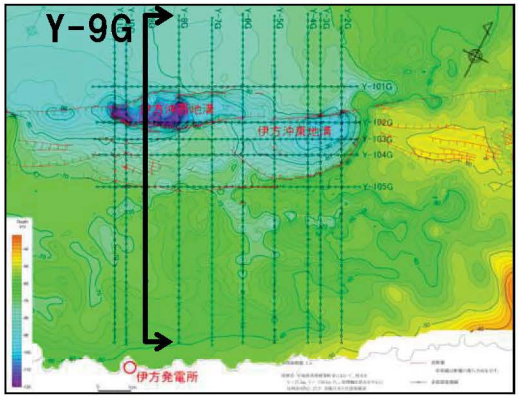


○伊方沖では，位置精度の高い音波探査及び海底地形調査が密に実施され，地層の変形が面的に把握されており，活断層分布図の誤差は数10m程度と考えられる。

伊方沖の海上音波探査記録(Y-9G)
Seismic profile (Y-9G)

Y-9G(ブーマー・シングルチャンネル測線)





V.E. = 10

数字(角度)は水平・垂直比が1:1の傾斜角度

凡例

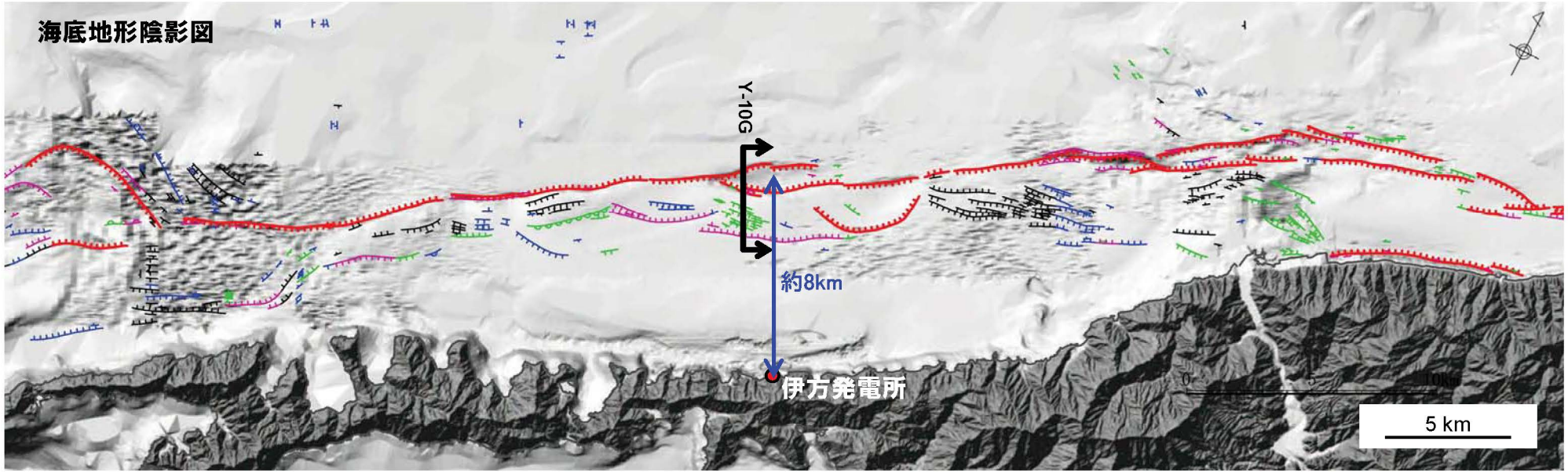
- A層(沖積層)
- D層(更新統)
- T層(上部鮮新統～下部更新統)
- B層(音響基盤層)

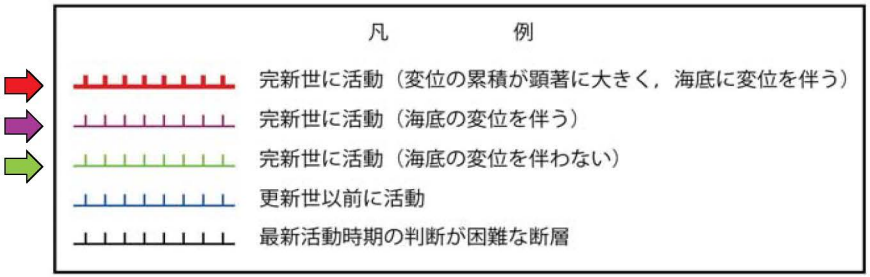
※地層境界線は各地層の上面を示す

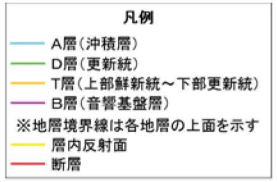
- 層内反射面
- 断層

○伊方沖では高分解能の音波探査が実施されており，中央構造線断層帯による地層の変位・変形が明瞭に認められる。
○沿岸部には地元で「トイ」と呼ばれる海底谷が海岸線に並行して延びるが，沖積層より下位の反射面が水平に連続することから，断層運動に伴う構造でないことは明らかである。

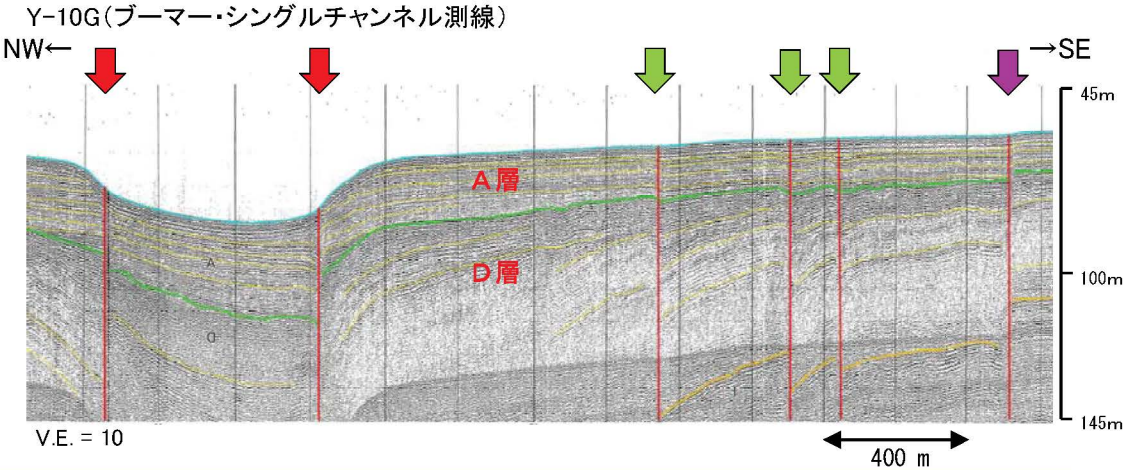
伊予灘の中央構造線断層帯の性状に応じた区分
Classification of MTL faults by their characteristics





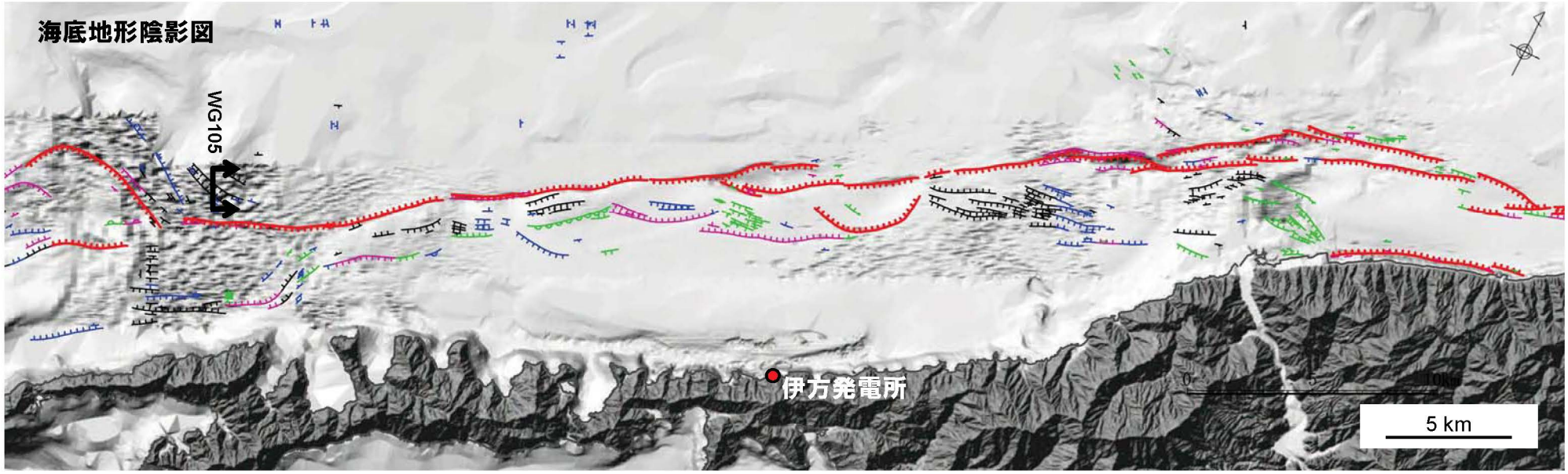


区分した音波探査記録例



○伊予灘の活断層を，それぞれの断層の性状に応じて5つの種類に区分し，分布図に示した。
○赤色は，変位の累積が顕著に大きく，海底に変位を伴う断層。紫色は，海底の変位を伴う断層。緑色は，海底の変位を伴わないが完新統（A層）に変位・変形が見られる断層。
○断層帯の北縁付近に変位の累積が顕著に大きく海底に変位を伴う断層（赤色）が直線的に連なって分布し，伊方発電所から約8kmに位置する。

伊予灘の中央構造線断層帯の性状に応じた区分
Classification of MTL faults by their characteristics



凡　　例

- 完新世に活動（変位の累積が顕著に大きく，海底に変位を伴う）
- 完新世に活動（海底の変位を伴う）
- 完新世に活動（海底の変位を伴わない）
- 更新世以前に活動
- 最新活動時期の判断が困難な断層

凡例

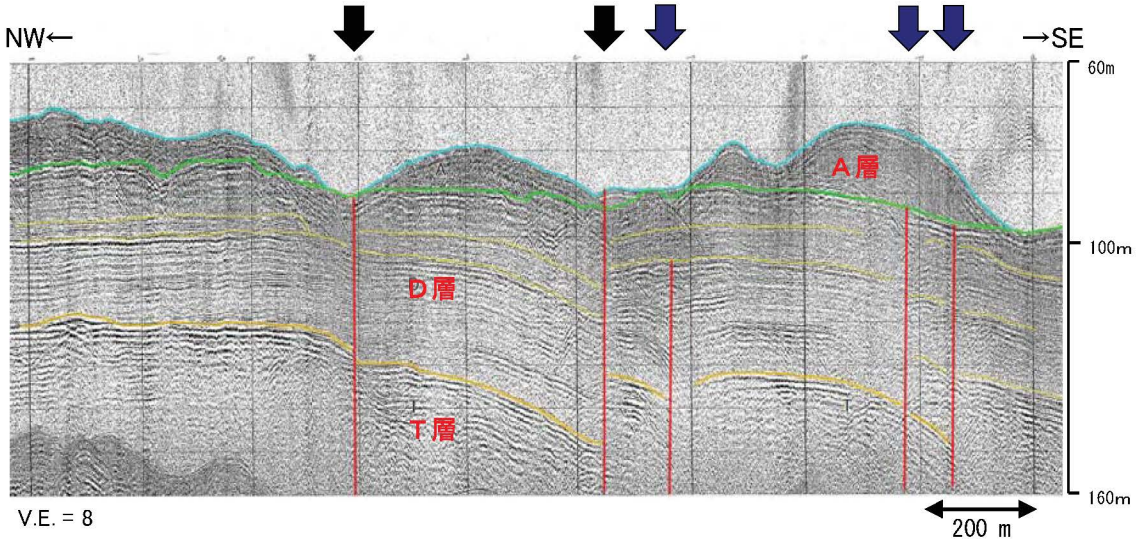
- A層（沖積層）
- D層（更新統）
- T層（上部鮮新統～下部更新統）
- B層（音響基盤層）

※地層境界線は各地層の上面を示す

- 層内反射面
- 断層

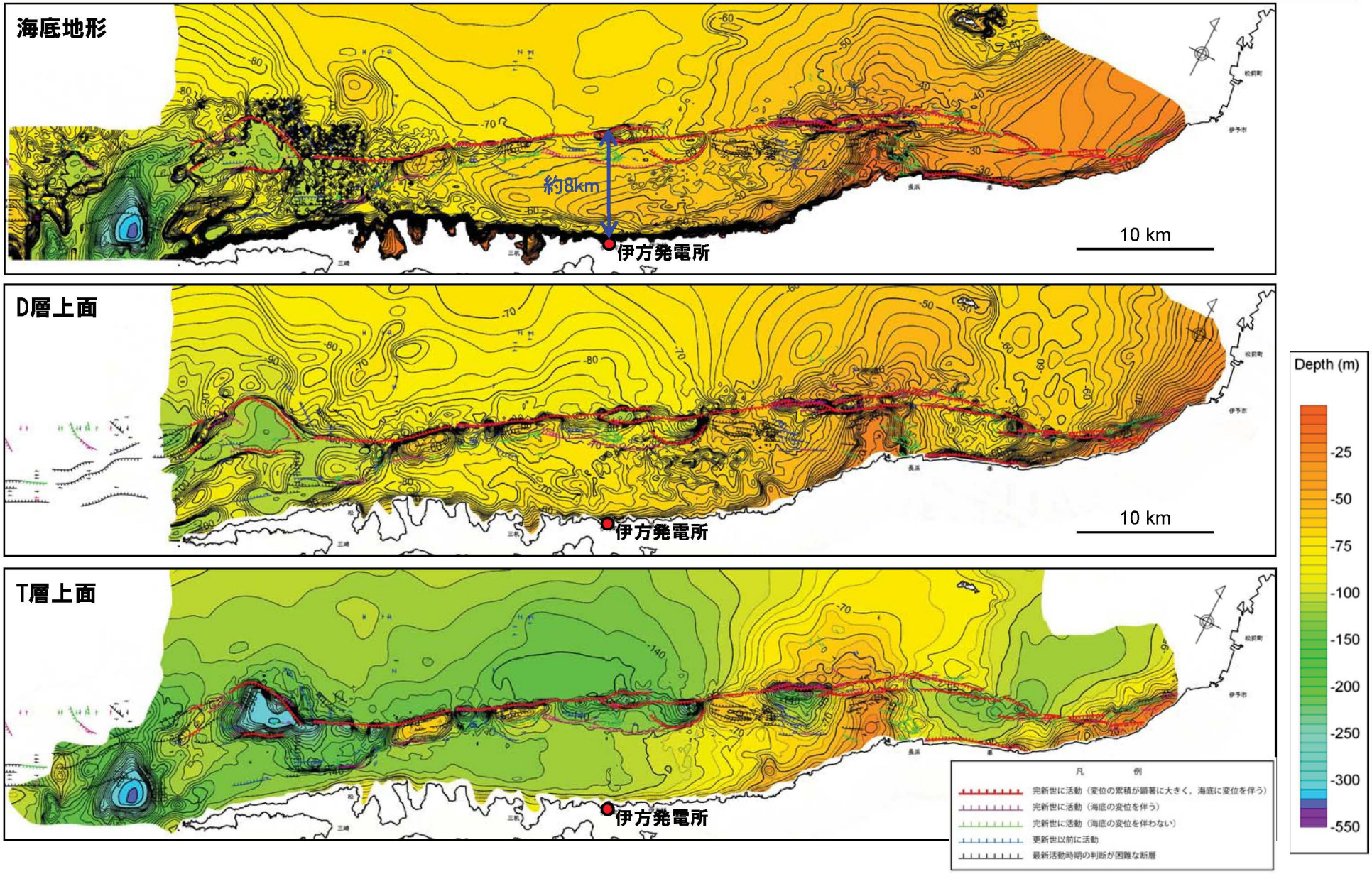
区分した音波探査記録例

WG105（産業技術総合研究所によるブーマー・シングルチャンネル測線）



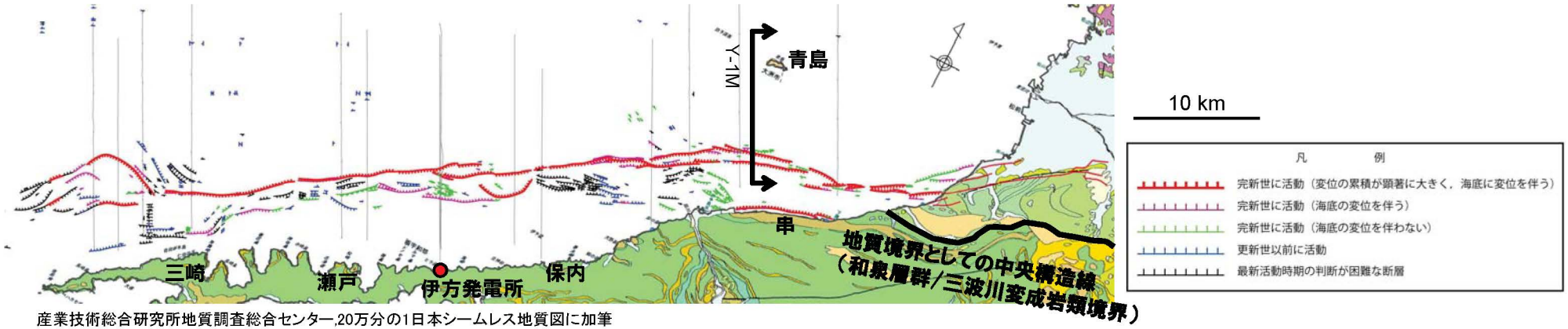
○青色は，更新世以前に活動した断層。黒色は，新しい時代の堆積層が欠如するなど，最新活動時期の判断が困難なもの。

伊予灘の中央構造線断層帯の性状に応じた区分
Classification of MTL faults by their characteristics

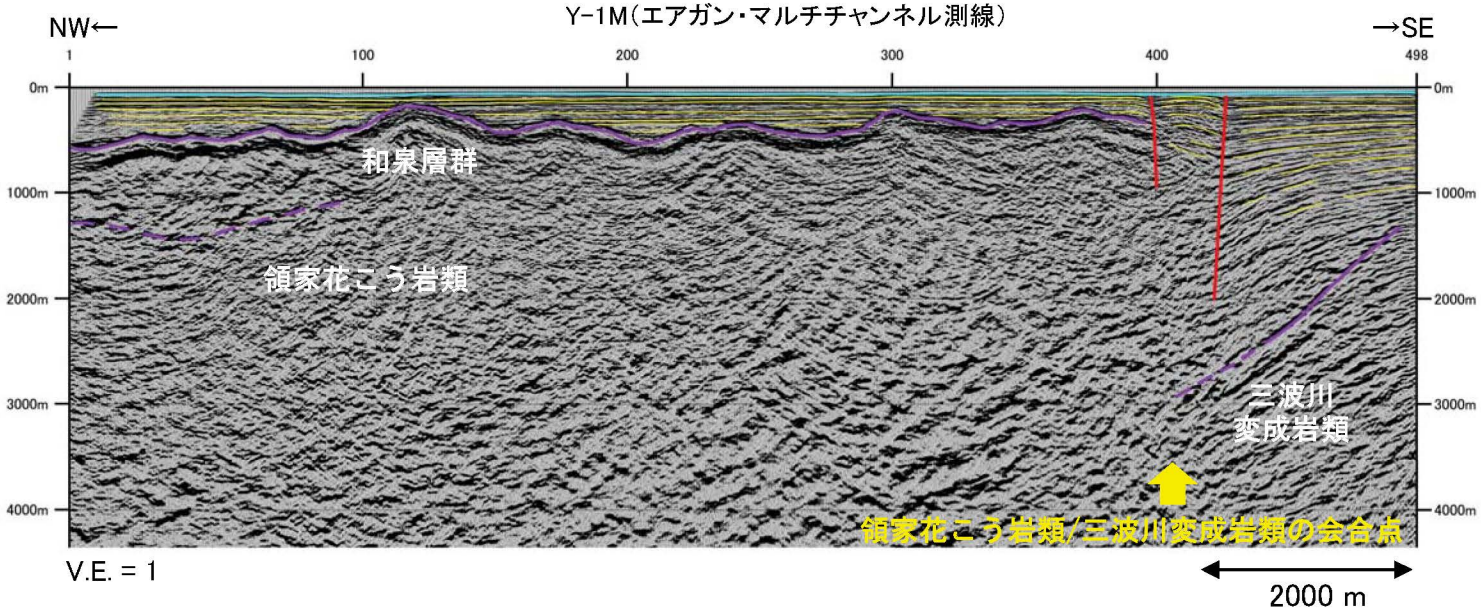


○海底地形及び海底下の各地層面の形状から，中央構造線断層帯による変位・変形の累積性が認識できる。
○地溝やバルジが直線的に配列することから，横ずれが卓越することが明らかである。変位の累積が顕著に大きい断層（赤色）は断層帯の北縁付近に直線的に連なり，伊方発電所から約8kmに位置する。

領家花こう岩類／三波川変成岩類境界と活断層の位置関係（串沖）
Relationship between Ryoke granite-Sanbagawa metamorphic rocks boundary and active faults (Off Kushi)

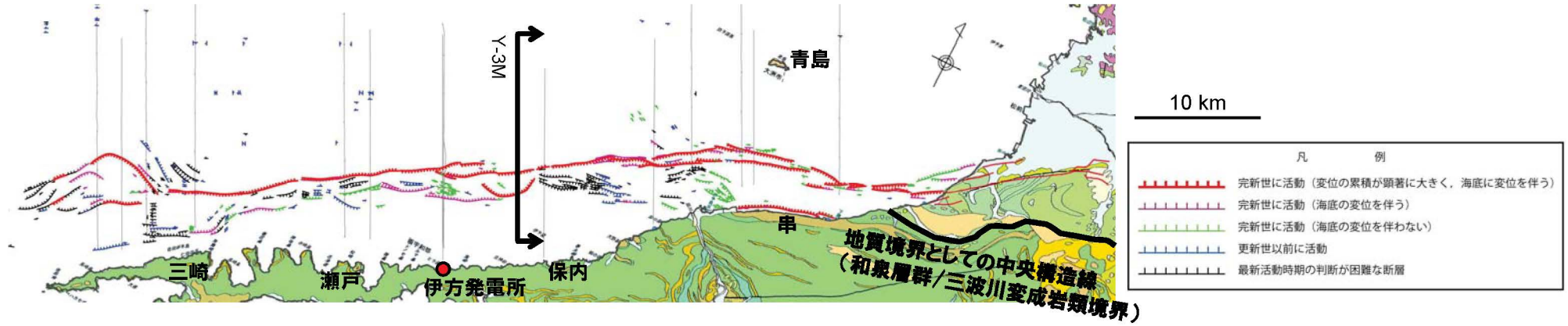


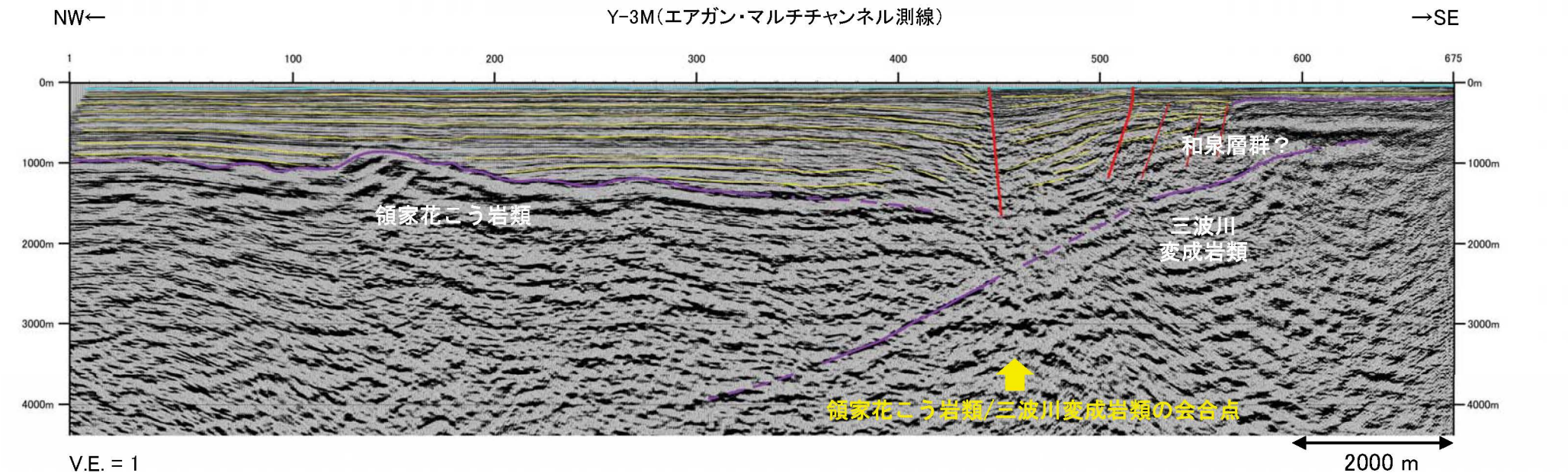
産業技術総合研究所地質調査総合センター,20万分の1日本シームレス地質図に加筆



○堆積層を高角に切って海底まで達する2条の断層が認められる。
○高角断層より南側では堆積層が厚くその下位に北傾斜する三波川変成岩類，北側では堆積層が薄くその下位に青島に分布する和泉層群に対応する反射面が認められる。また，周辺の地質分布との対応関係などから和泉層群の下位には領家花こう岩類が分布するものと考えられる。
○断層帯より北側では堆積層が薄くほぼ水平であるのに対し，南側では堆積層が厚く北へ傾斜しており，ハーフグラーベン状の構造を呈する。

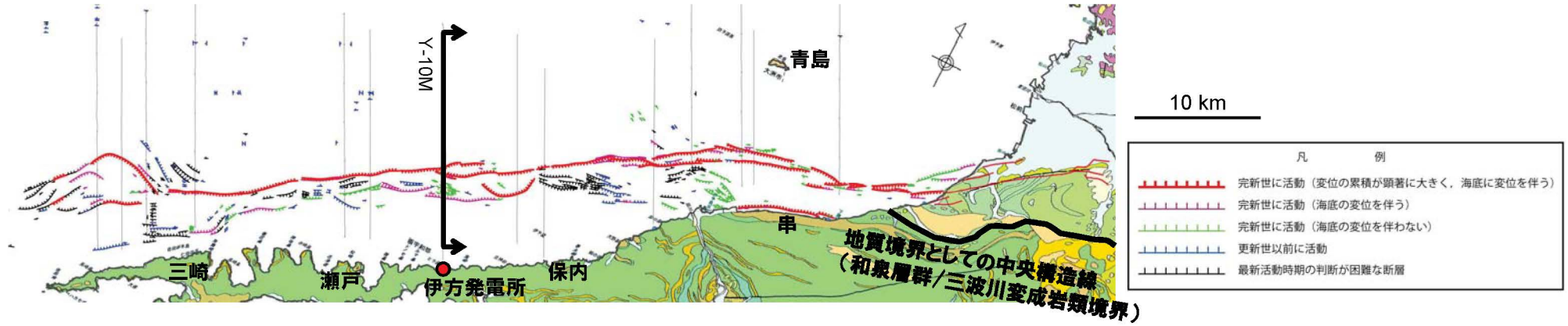
領家花こう岩類／三波川変成岩類境界と活断層の位置関係（保内沖）
Relationship between Ryoke granite-Sanbagawa metamorphic rocks boundary and active faults (Off Honai)

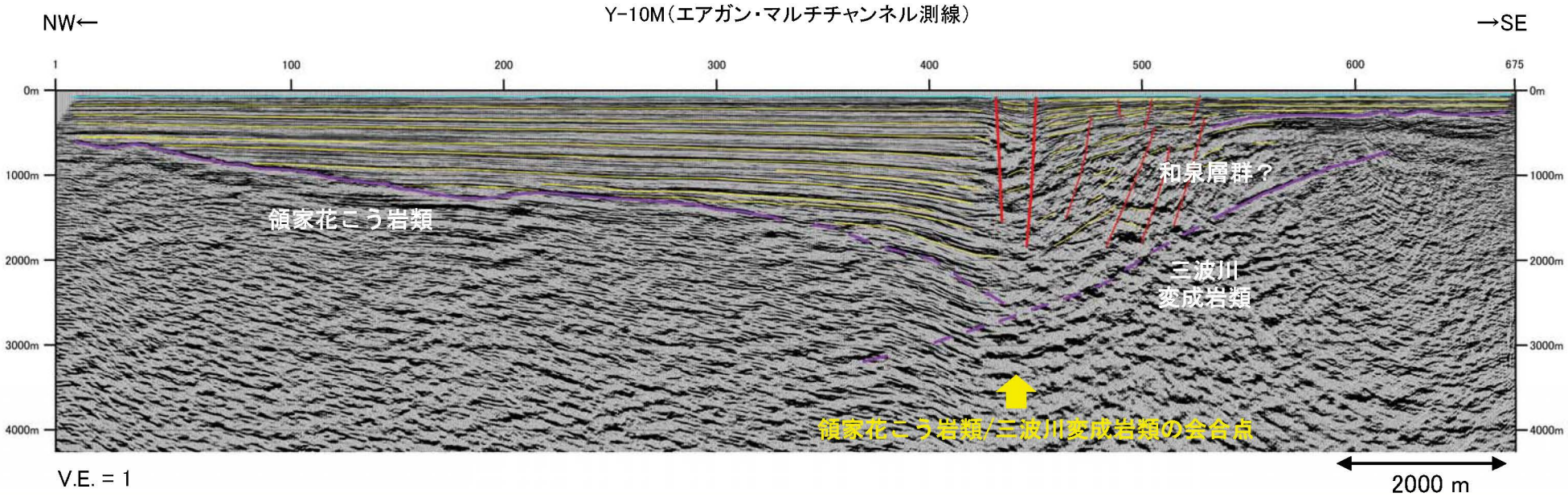




○堆積層を高角に切って海底まで達する2条の断層が認められ，またその南側には浅部まで達しない断層が認められる。
○堆積層の下位には北傾斜する三波川変成岩類，断層帯より北側では領家花こう岩類が認められ，両者の境界を示す反射面の傾斜角は約30度である。
○断層帯より北側では堆積層が厚く南へ緩く傾斜するのに対し，南側では堆積層が薄く水平である。
○三波川変成岩類と堆積層との間に認められる厚さ数百mの地層は和泉層群の可能性があり，北部では数条の断層によって複雑に切られている。

領家花こう岩類／三波川変成岩類境界と活断層の位置関係（伊方沖）
Relationship between Ryoke granite-Sanbagawa metamorphic rocks boundary and active faults (Off Ikata)





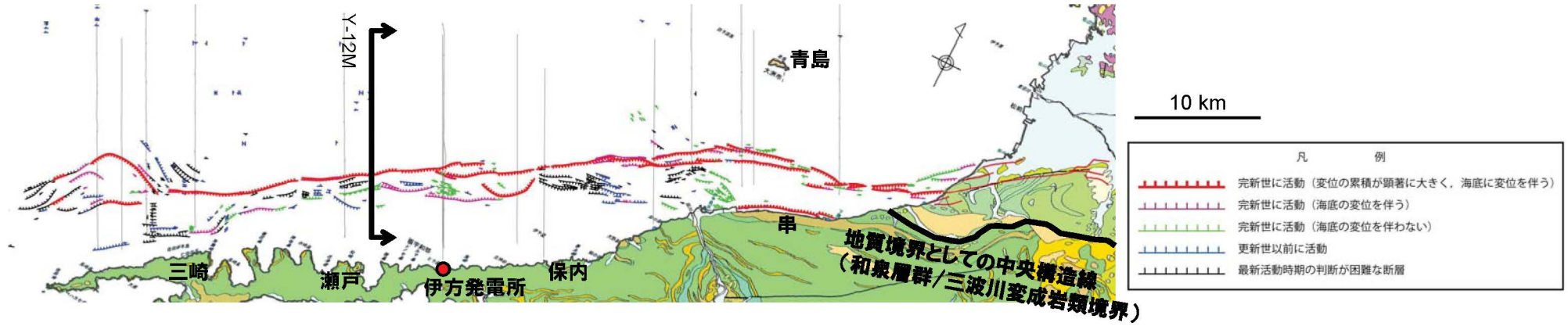
○堆積層を高角に切って海底まで達する2条の断層が認められ，またその南側には浅部まで達しない断層及び深部まで達しない断層が認められる。2条の高角断層は堆積層浅部から深部までの地層に累積的な変位・変形を及ぼしており，長期にわたって同様の活動を繰り返してきたことが示唆される。

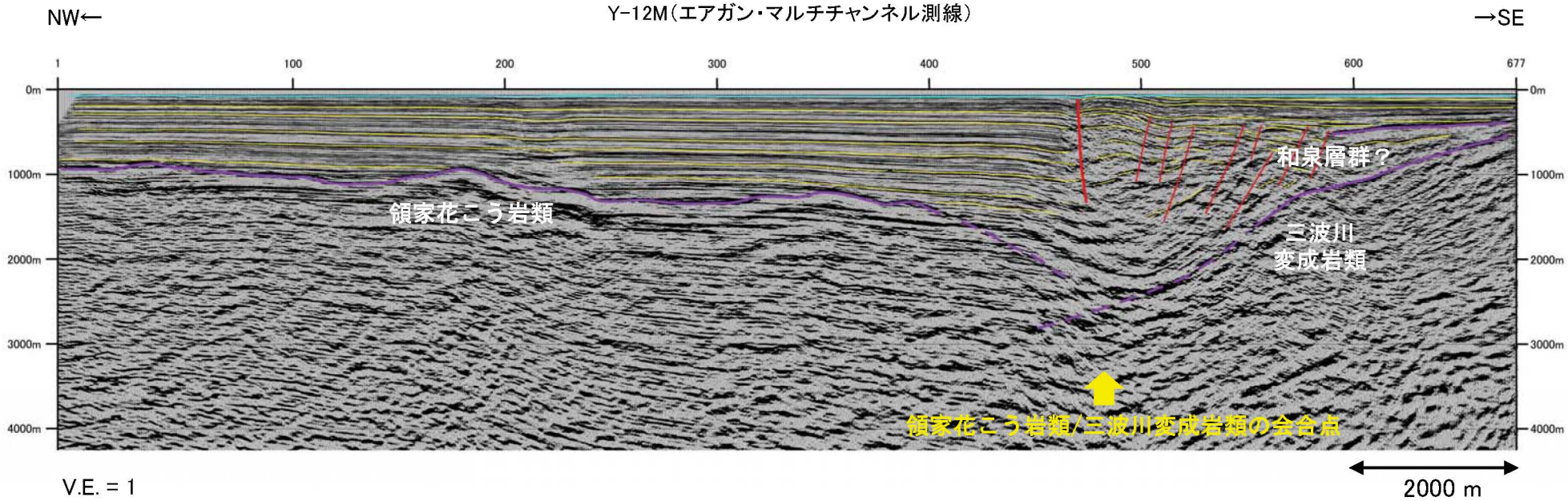
○断層帯より北側では堆積層が厚く南へ緩く傾斜するのに対し，南側では堆積層が薄く水平である。

○三波川変成岩類と堆積層との間に認められる厚さ数百mの地層は和泉層群の可能性があり，北部では数条の断層によって複雑に切られている。

○領家花こう岩類と三波川変成岩類の会合地点は高角断層の下方に位置する。

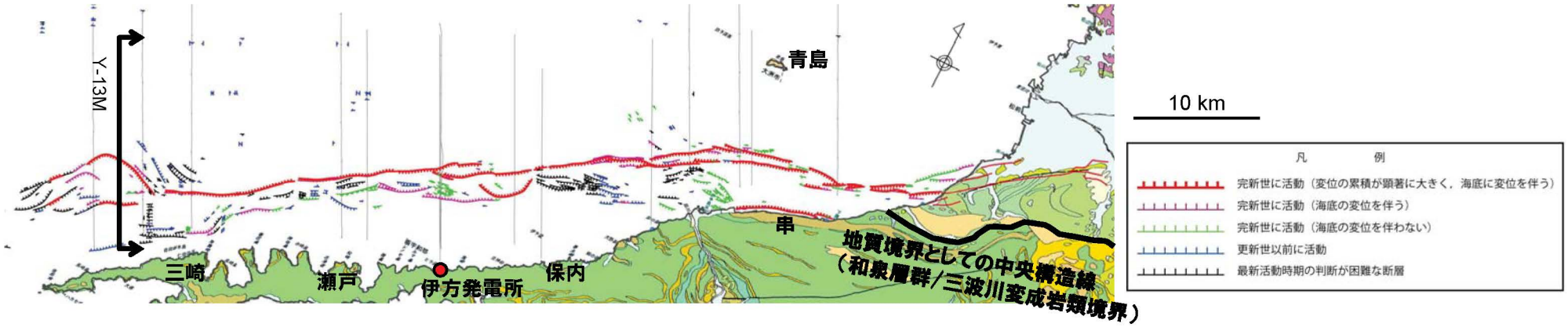
領家花こう岩類／三波川変成岩類境界と活断層の位置関係（瀬戸沖）
Relationship between Ryoke granite-Sanbagawa metamorphic rocks boundary and active faults (Off Seto)

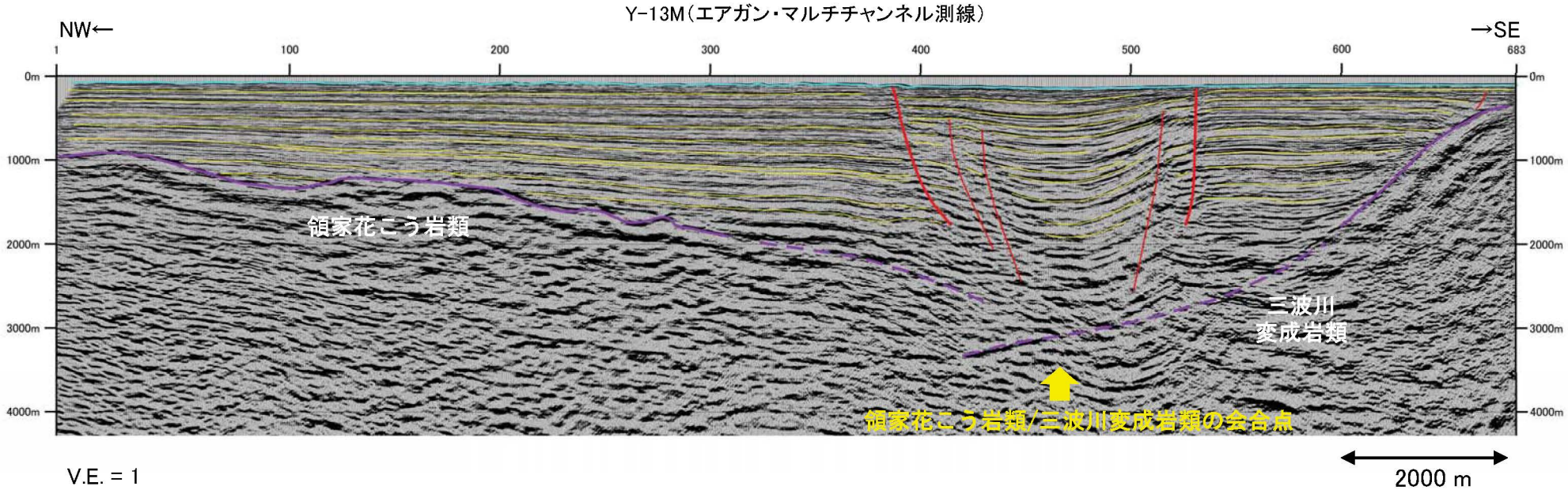




○堆積層を高角に切って海底まで達する断層が認められ，その南側がバルジ状に高まっている。またその南側には浅部まで達しない断層が認められる。
○断層帯より北側では堆積層が厚く南へ緩く傾斜するのに対し，南側では堆積層が薄く水平である。
○三波川変成岩類と堆積層との間に認められる厚さ数百mの地層は和泉層群の可能性があり，北部では数条の断層によって複雑に切られている。
○領家花こう岩類と三波川変成岩類の会合地点は高角断層の下方に位置する。

領家花こう岩類／三波川変成岩類境界と活断層の位置関係（三崎沖）
Relationship between Ryoke granite-Sanbagawa metamorphic rocks boundary and active faults (Off Misaki)



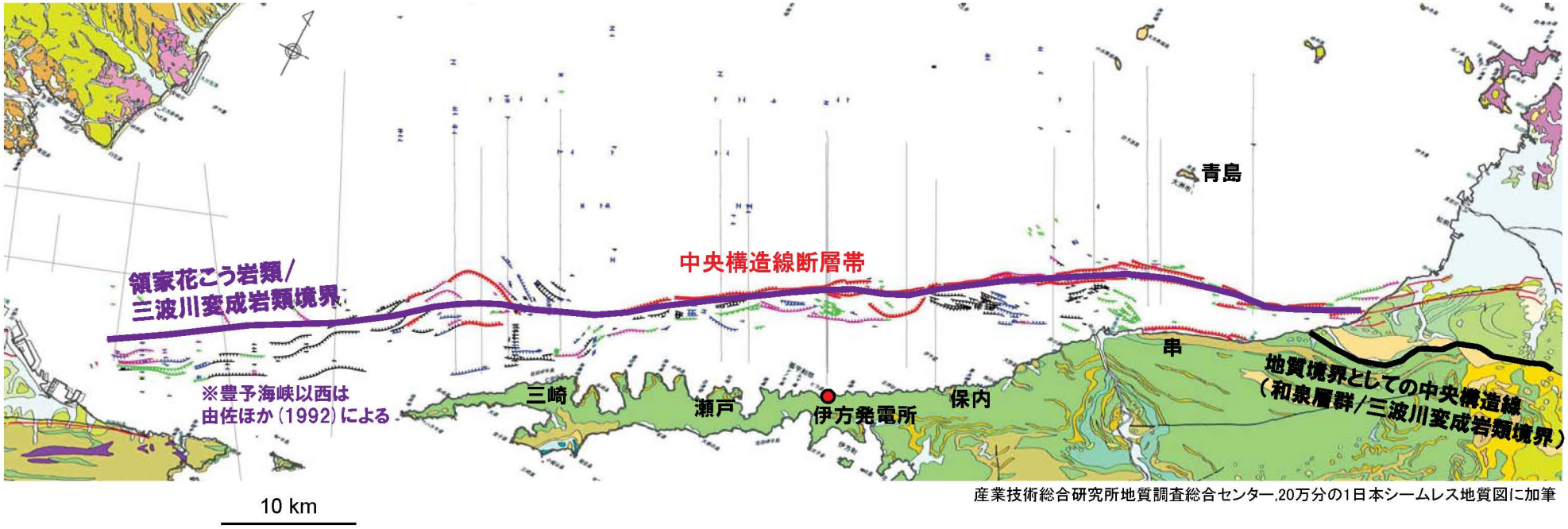


○堆積層を高角に切って海底まで達する2条の断層が認められ，これらの断層に挟まれた区間では堆積層が向斜状に下方に撓んで地溝が形成されている。
○堆積層の下位には北傾斜する三波川変成岩類，断層帯より北側では領家花こう岩類が認められる。
○断層帯より北側では厚い堆積層が南へ緩く傾斜するのに対し，南側では厚い堆積層がほぼ水平で沿岸に堆積層をわずかに北落ちさせる断層が認められる。

領家花こう岩類／三波川変成岩類境界と活断層の位置関係
Relationship between Ryoke granite-Sanbagawa metamorphic rocks boundary and active faults

凡　　例

- 完新世に活動（変位の累積が顕著に大きく，海底に変位を伴う）
- 完新世に活動（海底の変位を伴う）
- 完新世に活動（海底の変位を伴わない）
- 更新世以前に活動
- 最新活動時期の判断が困難な断層

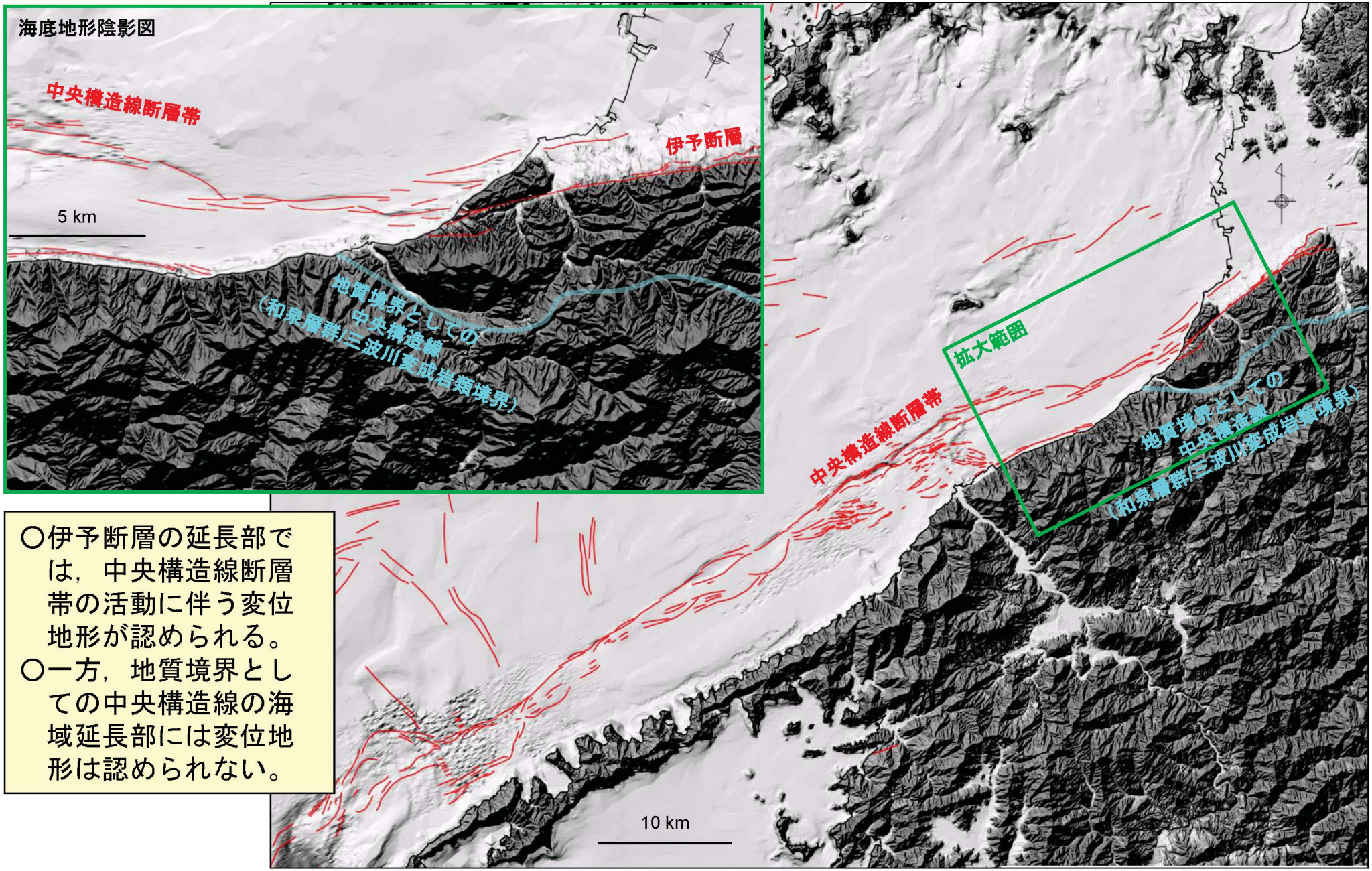


産業技術総合研究所地質調査総合センター,20万分の1日本シームレス地質図に加筆

○新規堆積層（新第三系～第四系）を除いた，領家花こう岩類と三波川変成岩類境界の平面位置を示す。
○断層帯の北縁付近に直線的に連なる最も活動的な断層はいずれも堆積層を高角に切っており，領家花こう岩類と三波川変成岩類の境界位置と概ね一致している。

和泉層群／三波川変成岩類境界と活断層の位置関係

Relationship between Izumi group-Sanbagawa metamorphic rocks boundary and active faults

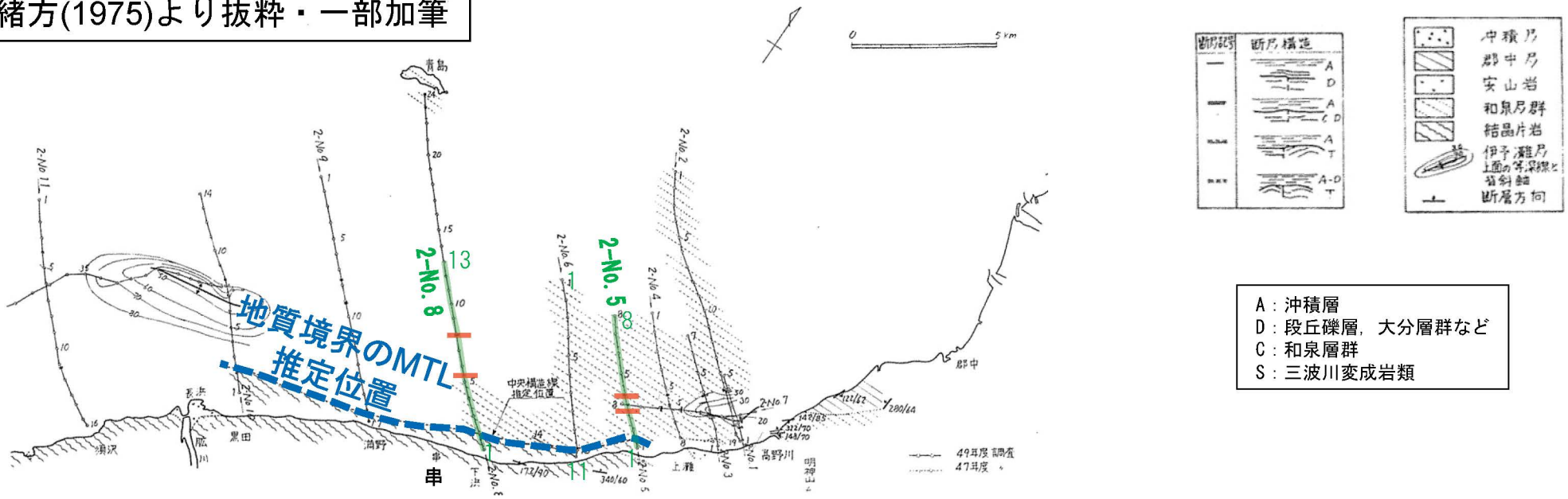


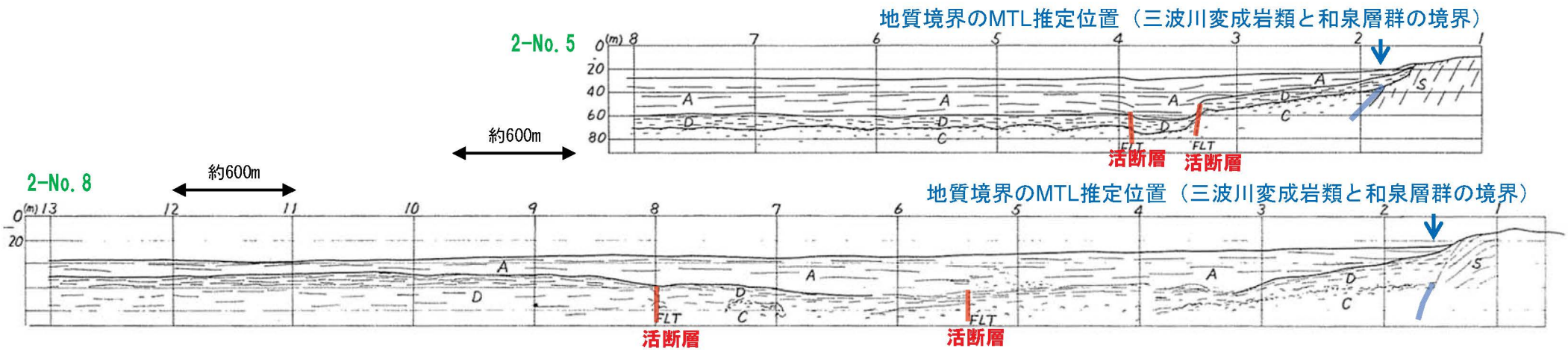
○伊予断層の延長部では，中央構造線断層帯の活動に伴う変位地形が認められる。
○一方，地質境界としての中央構造線の海域延長部には変位地形は認められない。

※陰影図は10倍に強調

和泉層群／三波川変成岩類境界と活断層の位置関係
Relationship between Izumi group-Sanbagawa metamorphic rocks boundary and active faults

緒方(1975)より抜粋・一部加筆

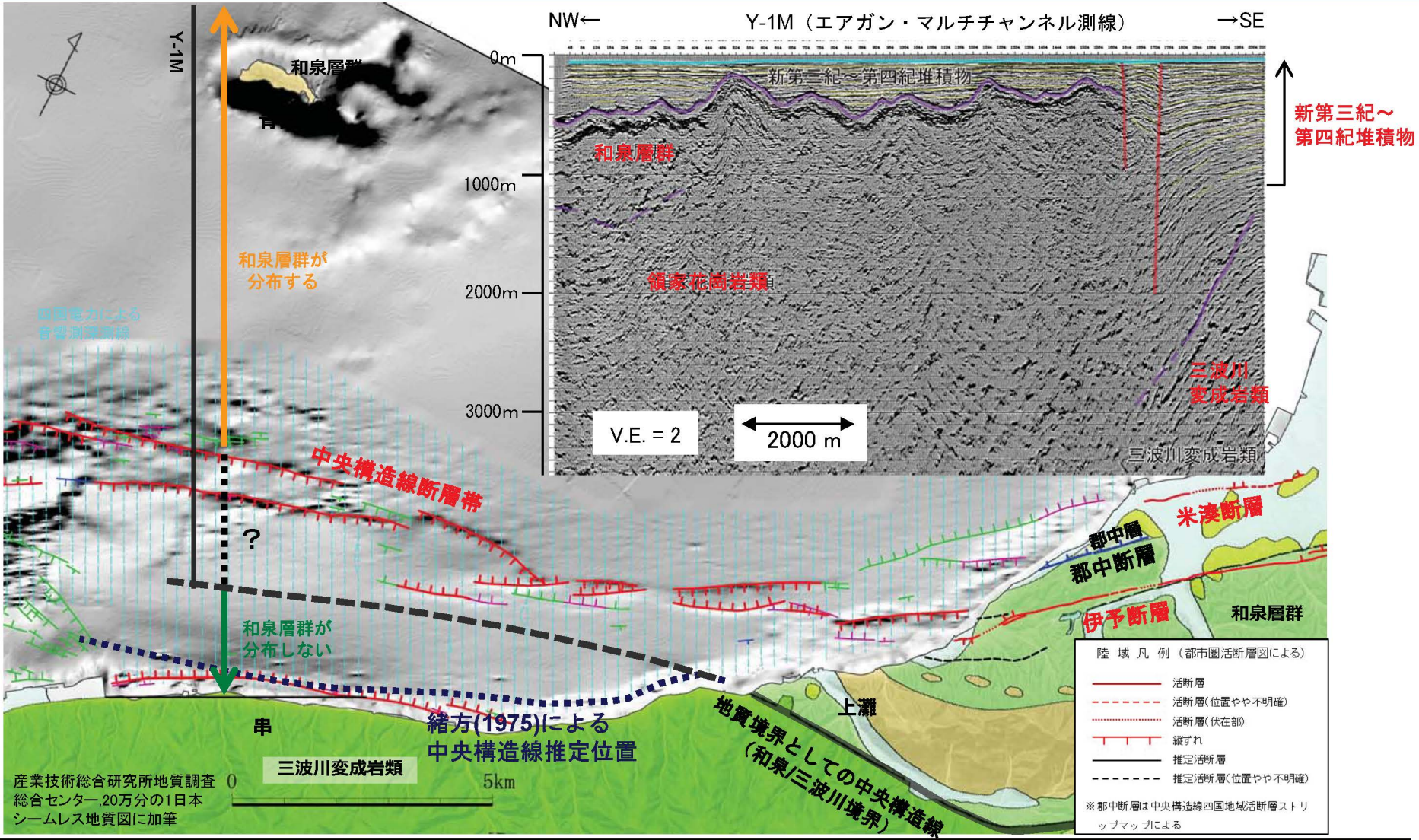




○緒方(1975)では，伊予断層の海域延長にあたる長浜～上灘沖合約2kmに活断層を推定している。
○串沖沿岸部には低角な三波川変成岩類(S)/和泉層群(C)の境界を地質境界としての中央構造線として推定しているが，「海域における和泉層群と結晶片岩の境界の上部にあるD層には乱れは認められない。」，「結晶片岩と接しているD層は不整合とみられ，境界付近および境界上のA層に乱れは認められない。」としている。

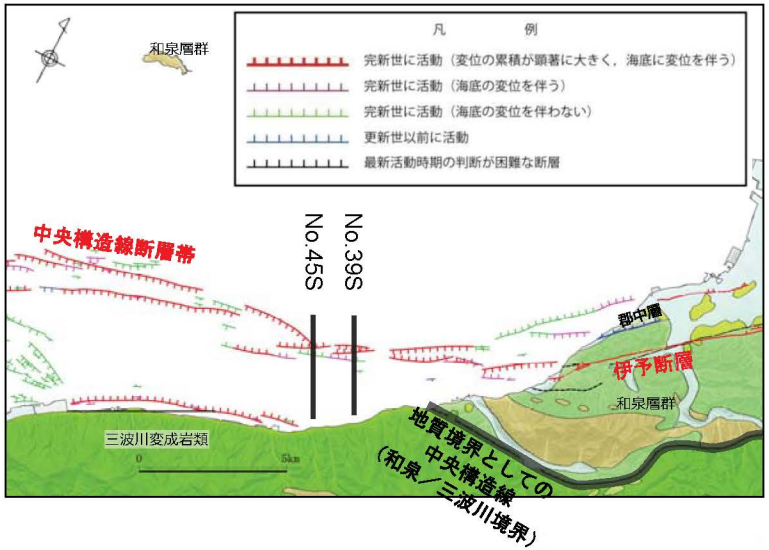
和泉層群／三波川変成岩類境界と活断層の位置関係（串沖）

Relationship between Izumi group-Sanbagawa metamorphic rocks boundary and active faults (Off Kushi)

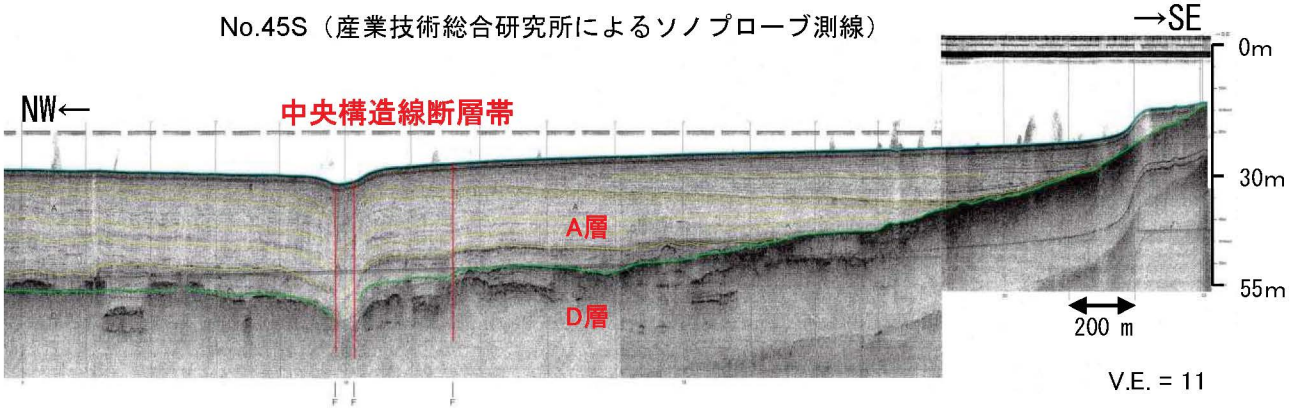


○沿岸から約4kmには，音響基盤を大きく変位させる高角の断層が認められる。
○高角断層の南側では三波川変成岩類の上面を厚さ1km以上の堆積層が覆っており，沿岸に和泉層群は分布しないと考えられることから，陸域の和泉層群と三波川変成岩類の境界は，海岸線沿いではなく沖合方向に延びると推定される。
○沖合の高角断層は伊予断層に連続し，また串沖沿岸の活断層は伊予断層および地質境界としての中央構造線には連続しない。

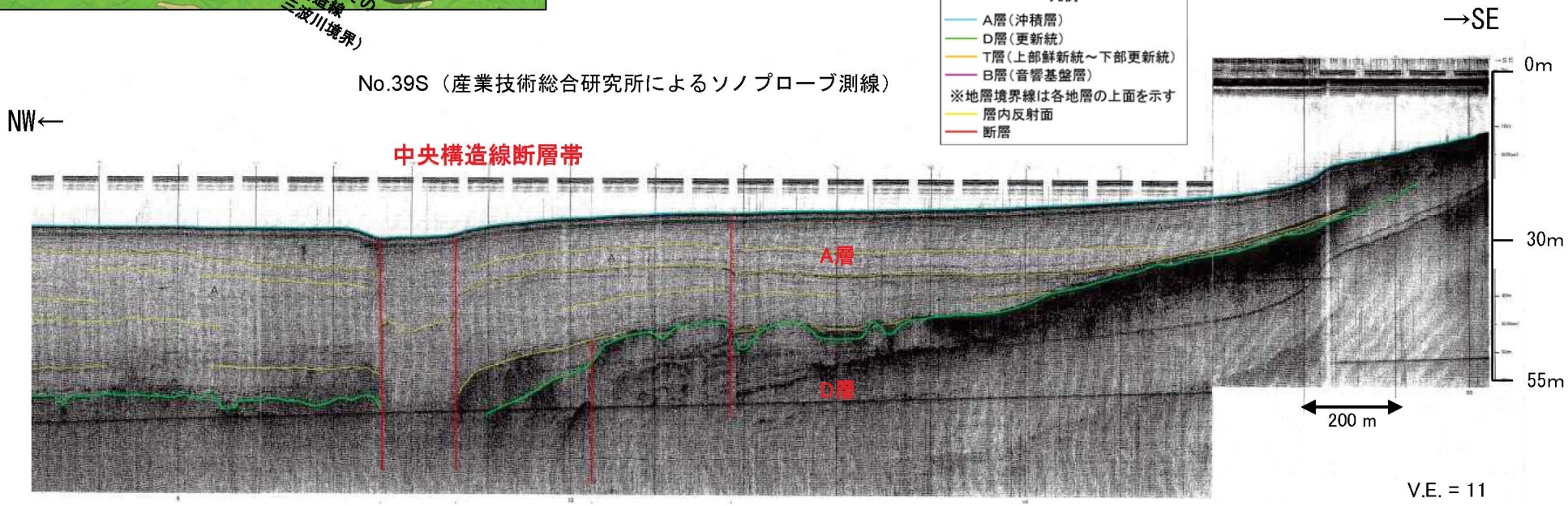
和泉層群／三波川変成岩類境界と活断層の位置関係（串沖）
Relationship between Izumi group-Sanbagawa metamorphic rocks boundary and active faults (Off Kushi)



No.45S（産業技術総合研究所によるソノプローブ測線）

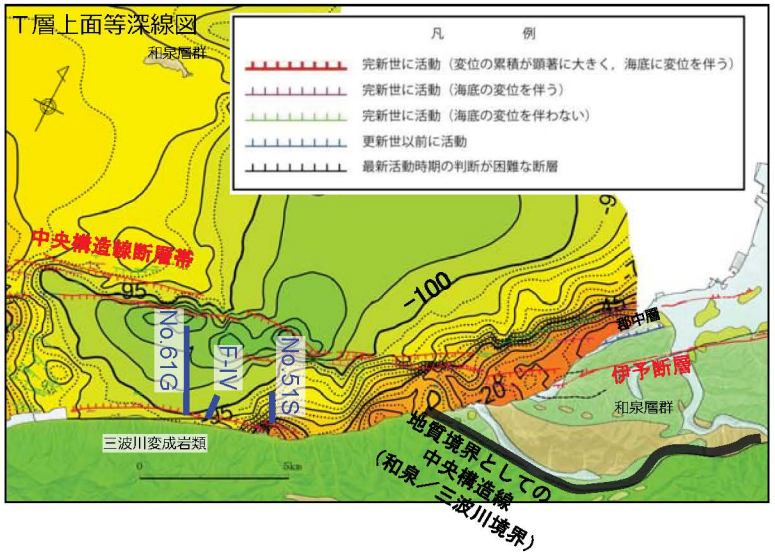


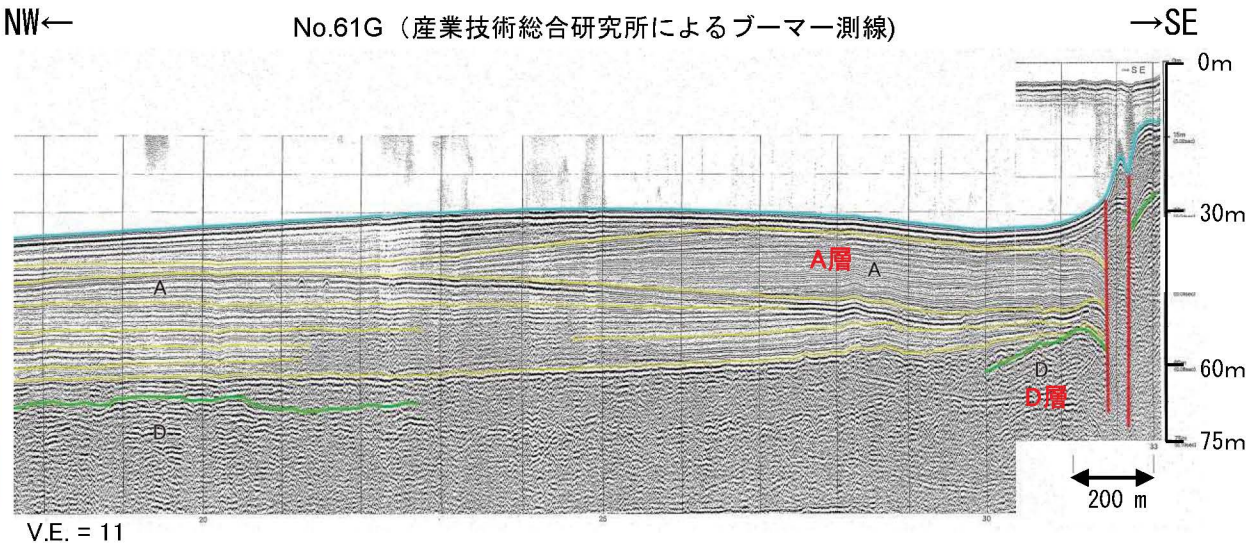
No.39S（産業技術総合研究所によるソノプローブ測線）

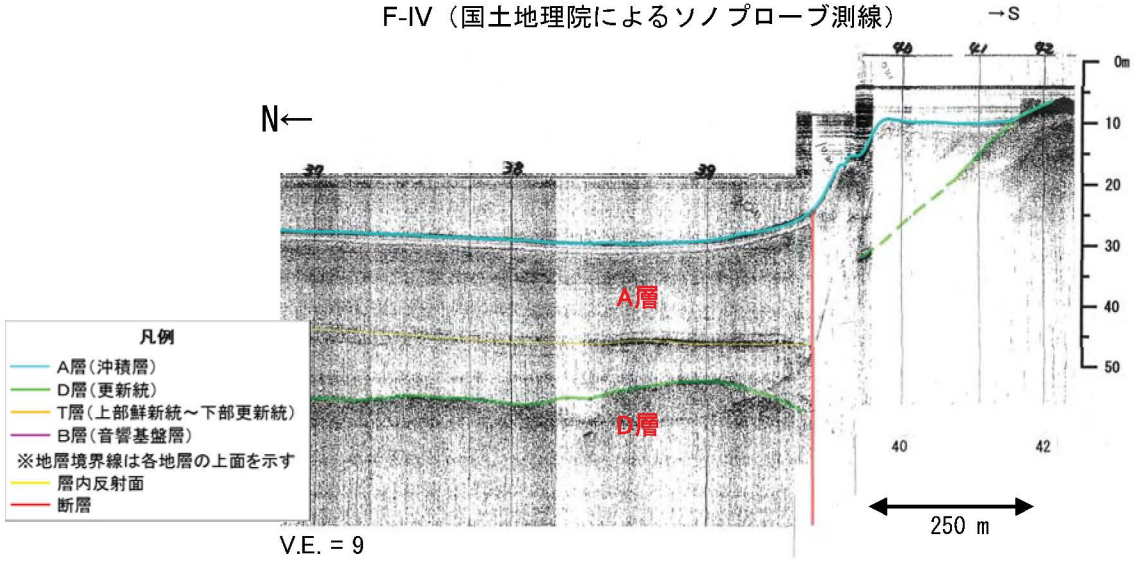


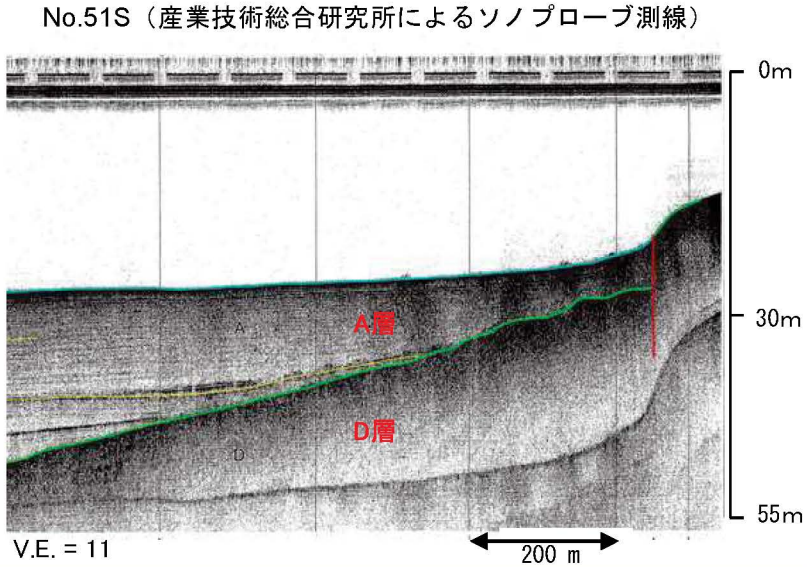
○沖合約2kmに，海底面まで変位を及ぼす活断層が認められる。断層は地溝状の形態を示し，横ずれ断層であることが示唆される。
○一方，それより南側の地質境界としての中央構造線延長部付近には，断層は認められない。
○沿岸部には海底地形の急変部が認められるが，下位の反射面が平坦であり，断層運動に関連した構造とは考えられない。

和泉層群／三波川変成岩類境界と活断層の位置関係（串沖）
Relationship between Izumi group-Sanbagawa metamorphic rocks boundary and active faults (Off Kushi)



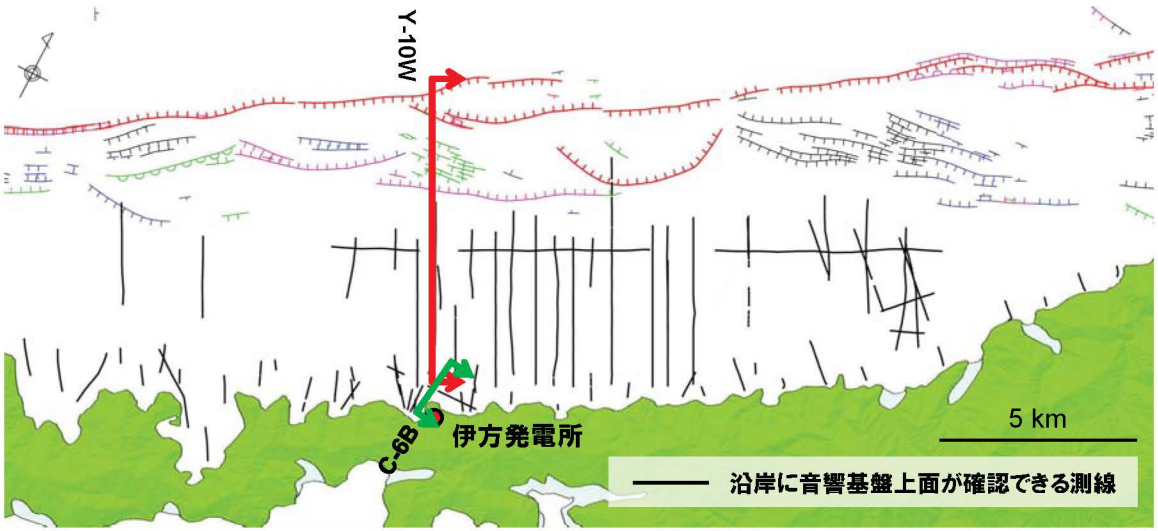


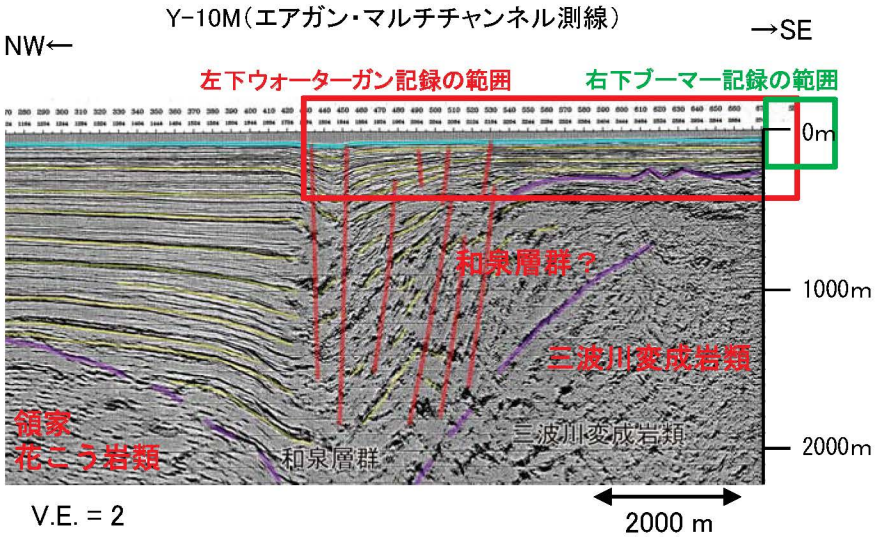


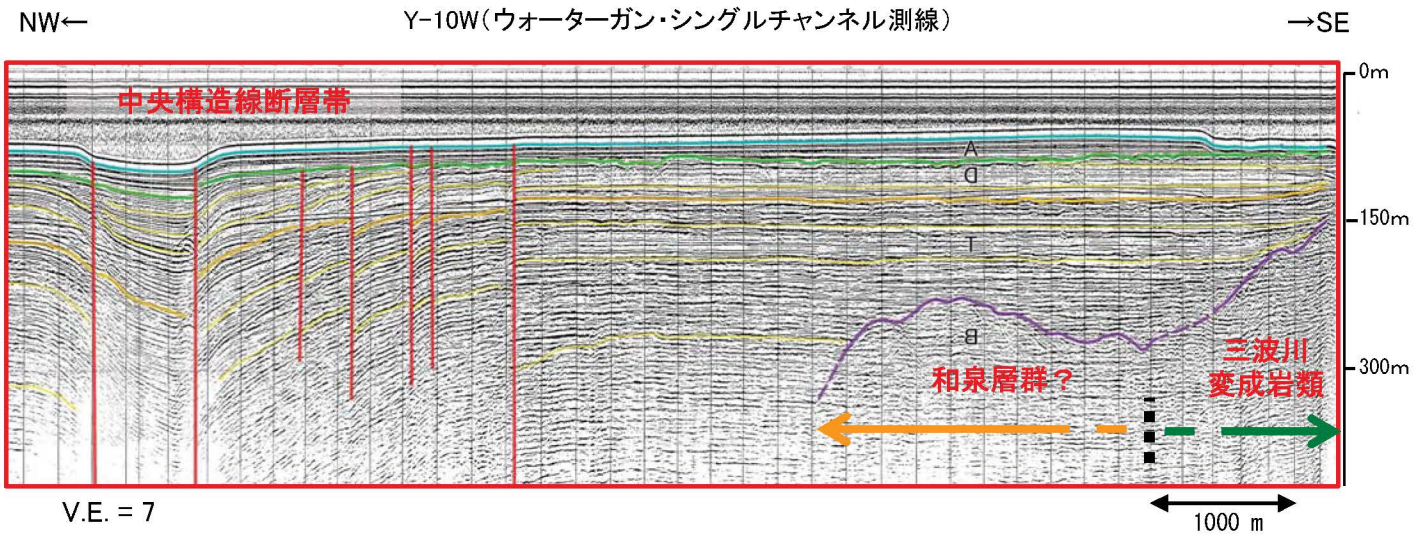


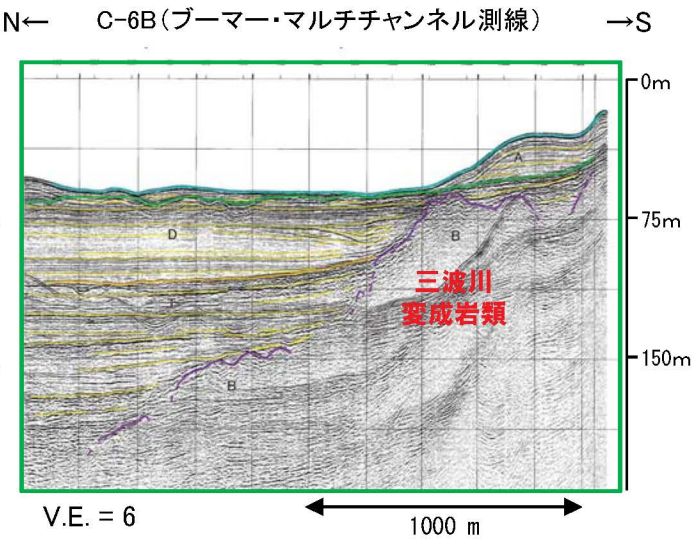
○串沖沿岸の音波探査記録（No. 61G測線）では，北落ちの活断層が認められる。
○より東側の音波探査記録（F-IV測線，No. 51S測線）では地形の変化から断層を推定しているものの，断層による反射面の変位・変形は不明瞭である。
○串沖では伊予断層から連続する沖合いの活断層が右屈曲しており，串沖沿岸の北落ち活断層は引張性ジョグの南方に位置する。

和泉層群/三波川変成岩類境界と活断層の位置関係(伊方沖)
Relationship between Izumi group-Sanbagawa metamorphic rocks boundary and active faults (Off Ikata)



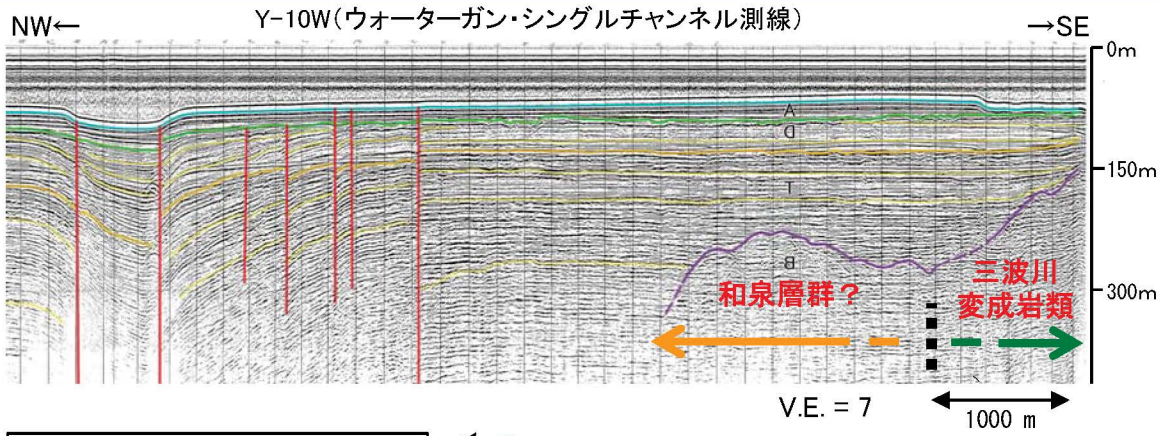


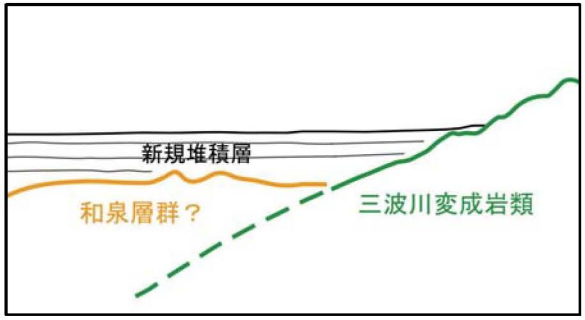


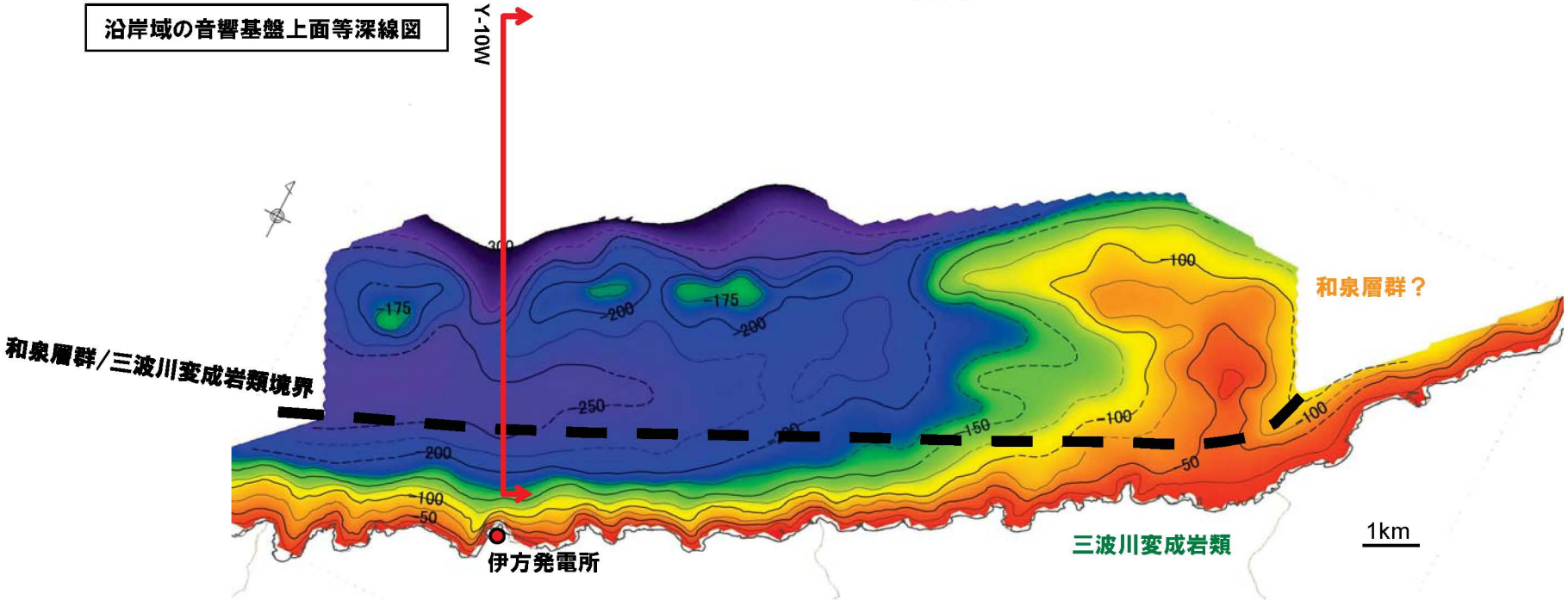


○伊方沖のエアガン記録では，北傾斜する三波川変成岩類の上位に和泉層群と推定される反射面が認められる。
○伊方沖のウォーターガン記録では，エアガン記録で推定された和泉層群に対応する音響基盤上面が認められ，沿岸から北傾斜する三波川変成岩類との境界位置を推定できる。
○推定された和泉層群/三波川変成岩類境界付近から沿岸にかけて，堆積層中に断層は認められない。

和泉層群／三波川変成岩類境界と活断層の位置関係（伊方沖）
Relationship between Izumi group-Sanbagawa metamorphic rocks boundary and active faults (Off Ikata)

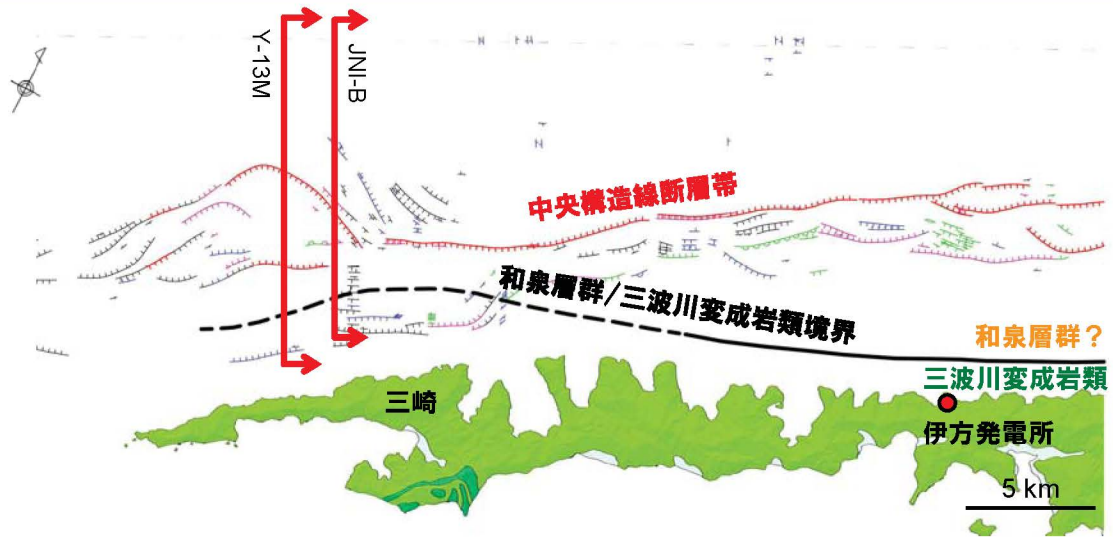




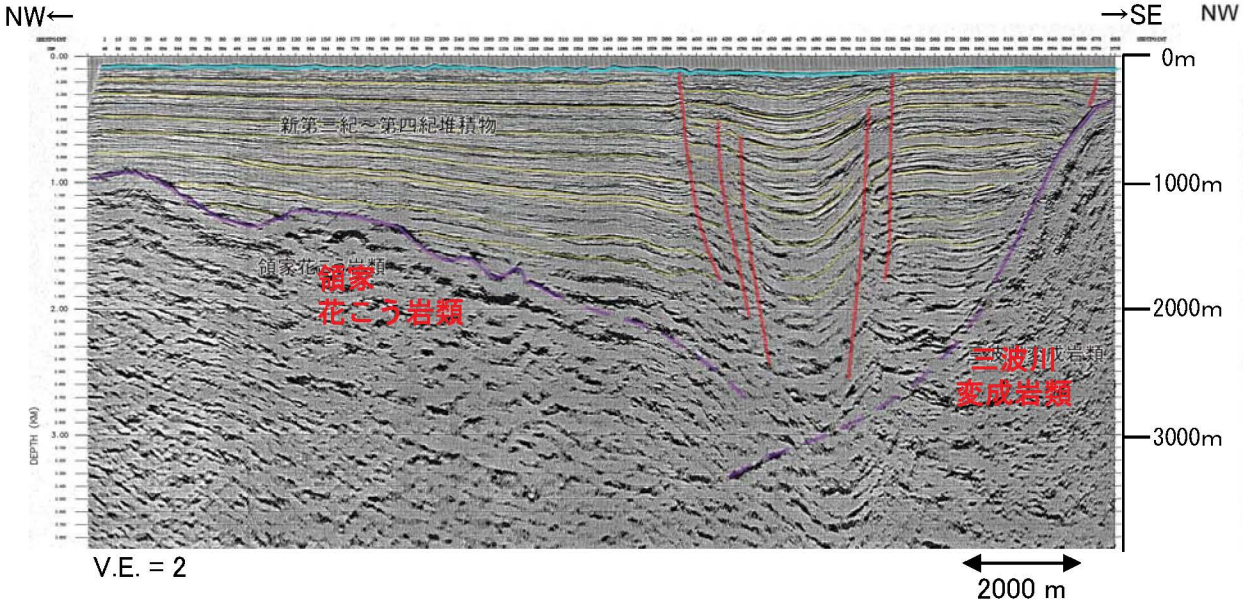


○伊方沖では，陸域から北傾斜する音響基盤が三波川変成岩類に，その北方で概ね平坦な音響基盤が和泉層群に対応すると考えられ，基盤上面勾配の変化からその境界位置を推定できる。
○両者の境界は伊方発電所沖合では沿岸から約1.5km付近に位置し，概ね海岸線に並行して延びると推定される。

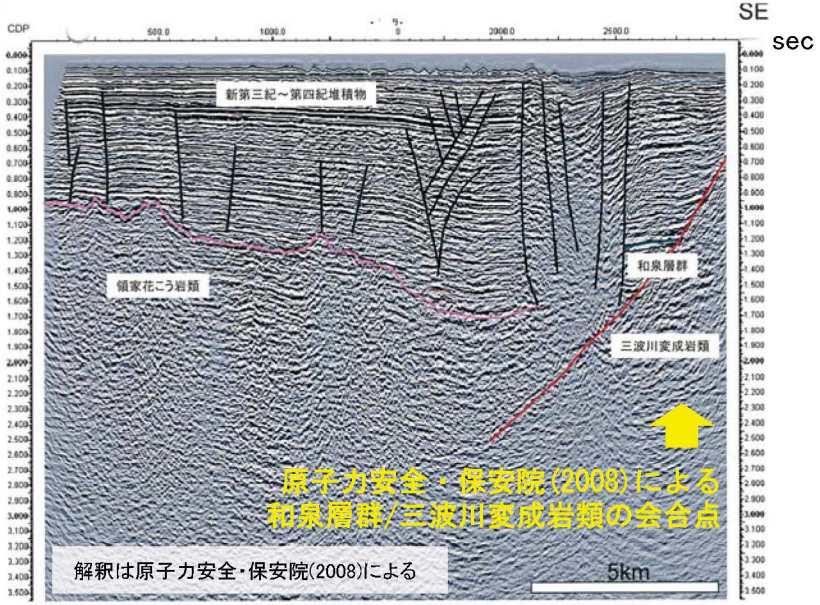
和泉層群／三波川変成岩類境界と活断層の位置関係（三崎沖）
Relationship between Izumi group-Sanbagawa metamorphic rocks boundary and active faults (Off Misaki)



Y-13M（エアガン・マルチチャンネル測線）

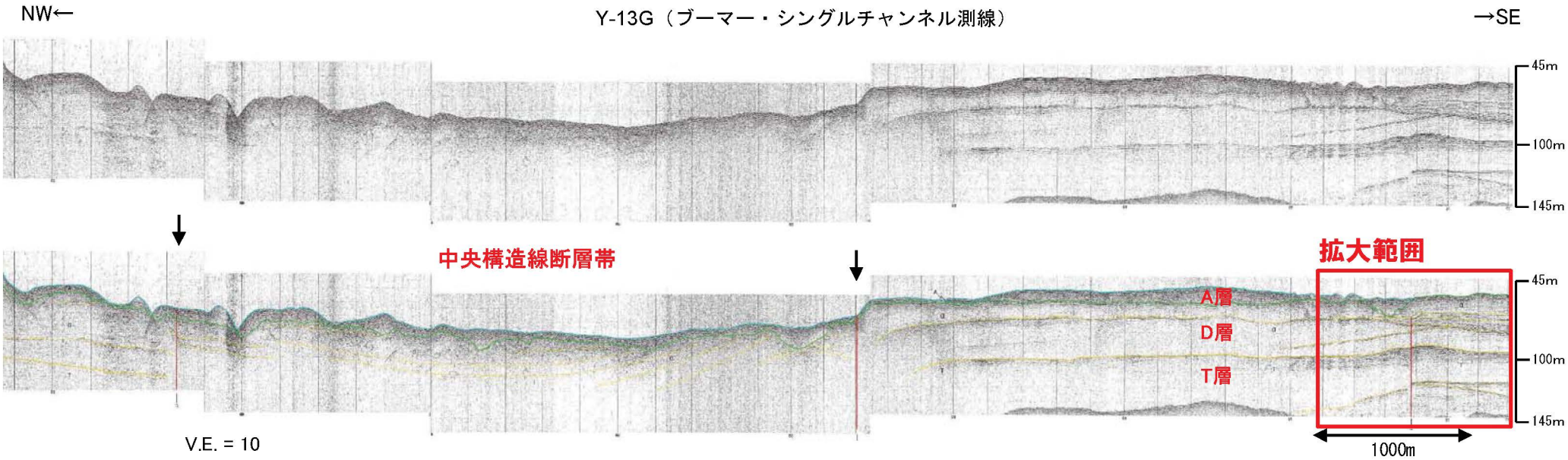


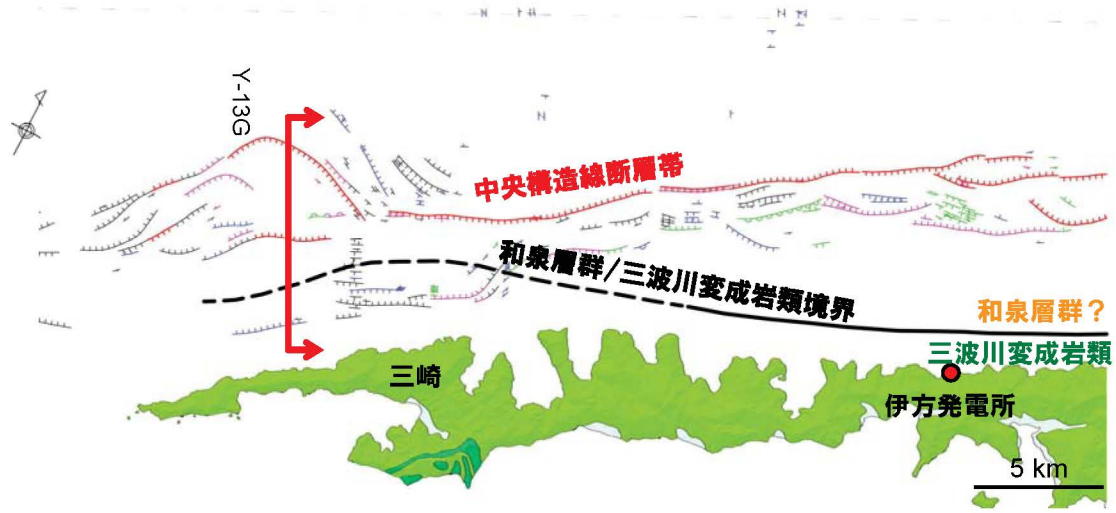
JNI-B（原子力安全・保安院によるエアガン・マルチチャンネル測線）



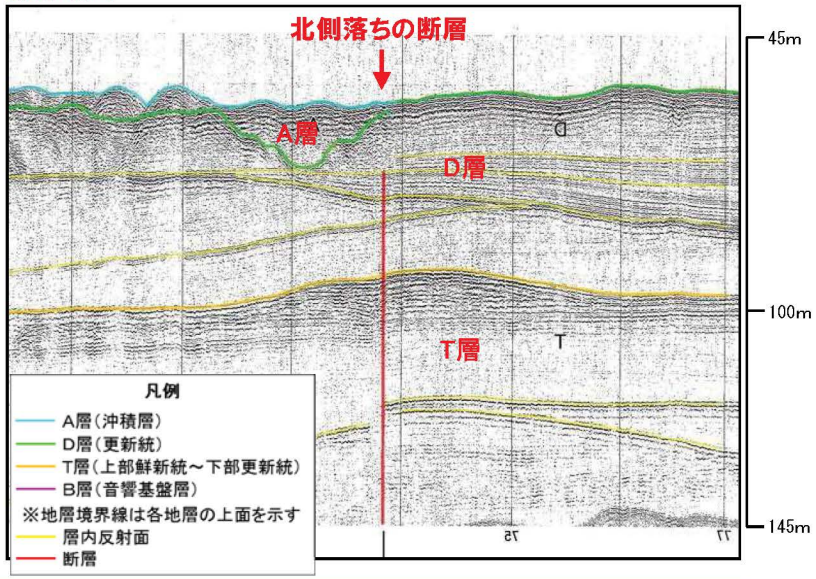
○三崎沖のエアガン記録では，中央構造線断層帯の南側でも堆積層が厚く，その下位に北傾斜する三波川変成岩類上面が認められる。
○原子力安全・保安院(2008)は，堆積層の下部に和泉層群を推定している。

和泉層群／三波川変成岩類境界と活断層の位置関係（三崎沖）
Relationship between Izumi group-Sanbagawa metamorphic rocks boundary and active faults (Off Misaki)



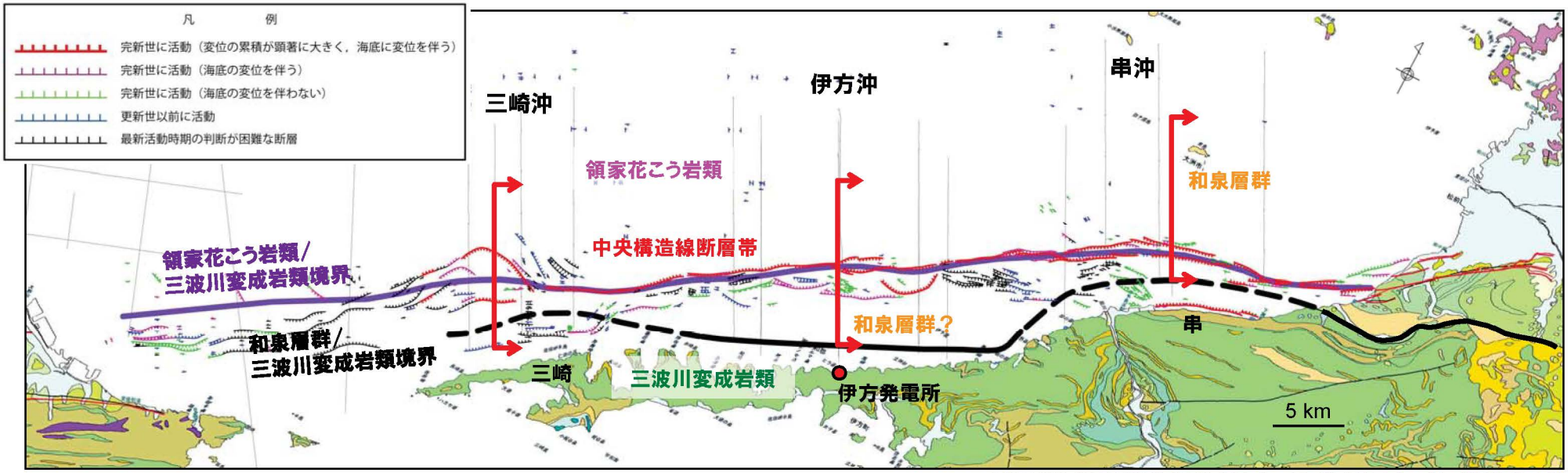


拡大図

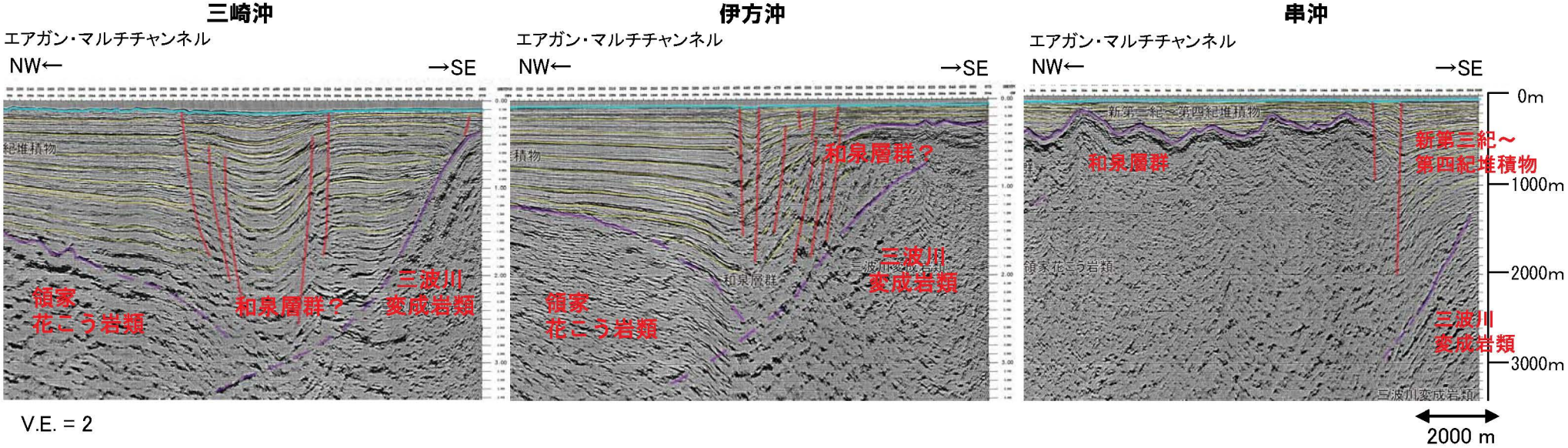


○三崎沖の沿岸付近には，更新世以前に活動した北側落ちの活断層が認められる。
○三崎沖では中央構造線断層帯北縁付近に直線的に連なる活断層が右屈曲しており，三崎沖沿岸の北側落ち活断層は引張性ジョグの南方に位置する。

和泉層群/三波川変成岩類境界と活断層の位置関係
Relationship between Izumi group-Sanbagawa metamorphic rocks boundary and active faults

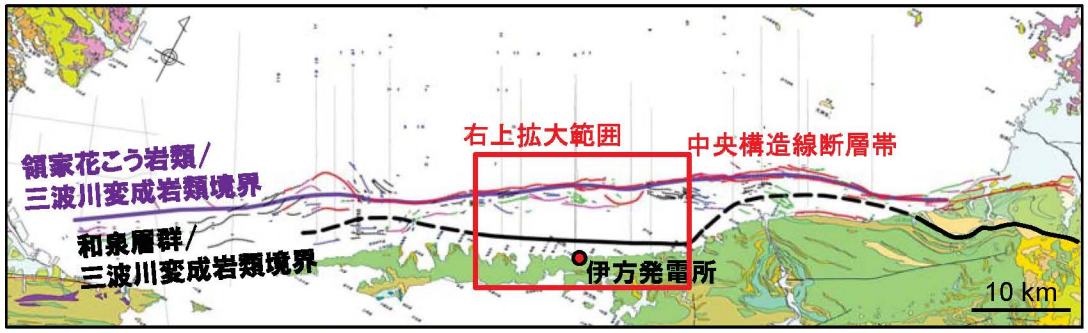


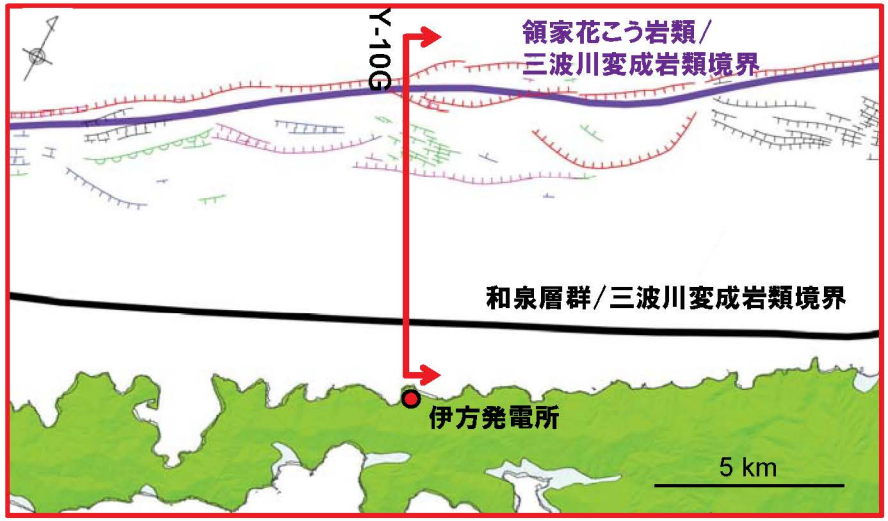
産業技術総合研究所地質調査総合センター,20万分の1日本シームレス地質図に加筆

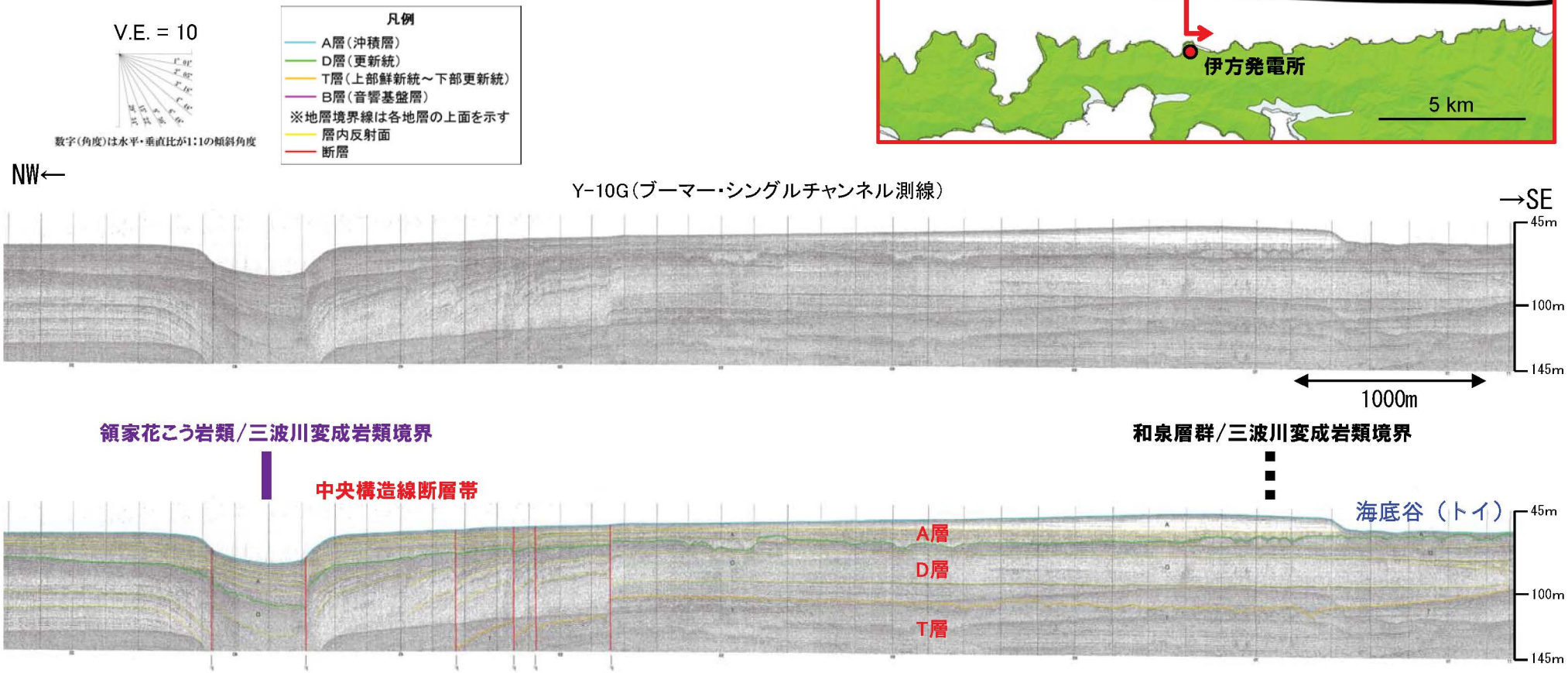


○伊予灘における和泉層群/三波川変成岩類境界は，大局的には海岸線に並行して北東-南西方向に延びるが，直線性に乏しく大きく屈曲しており，伊方沖では沖合約1.5km付近を通過すると推定される。

伊方沖の海上音波探査記録(Y-10G)
Seismic profile off the coast of Ikata (Y-10G)

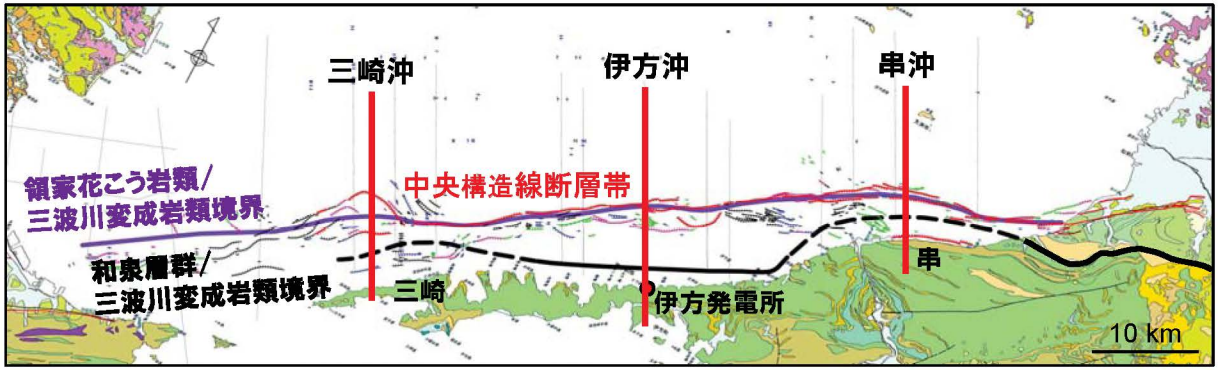




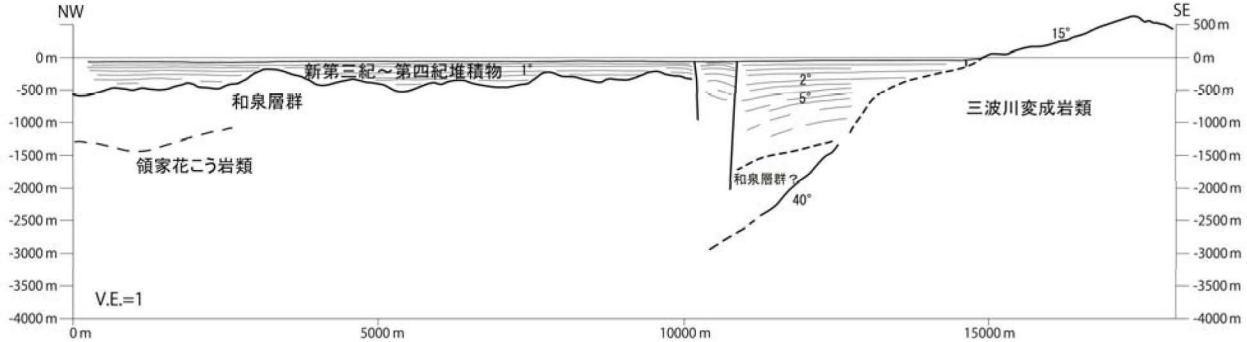


○領家花こう岩類/三波川変成岩類境界は中央構造線断層帯の北縁付近に直線的に連なる変位の累積が顕著に大きい断層の位置と対応する。
○和泉層群/三波川変成岩類境界付近から沿岸にかけて，堆積層中に断層は認められない。

海陸を横断する地質断面図
The geologic cross section which crosses land and sea

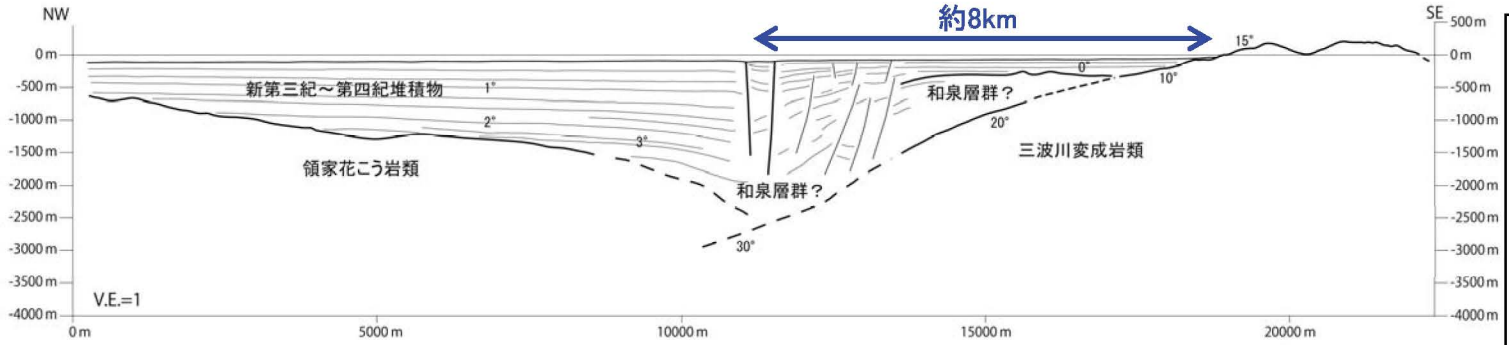


○音波探査記録等に基づき，海陸を横断する地質断面図を作成した。
○領家花こう岩類/三波川変成岩類境界は中央構造線断層帯の北縁付近に直線的に連なる変位の累積が顕著に大きい断層の位置と対応し，伊方発電所との距離は約8kmである。一方，伊方沖では和泉層群/三波川変成岩類境界付近から沿岸にかけて，堆積層中に断層は認められない。



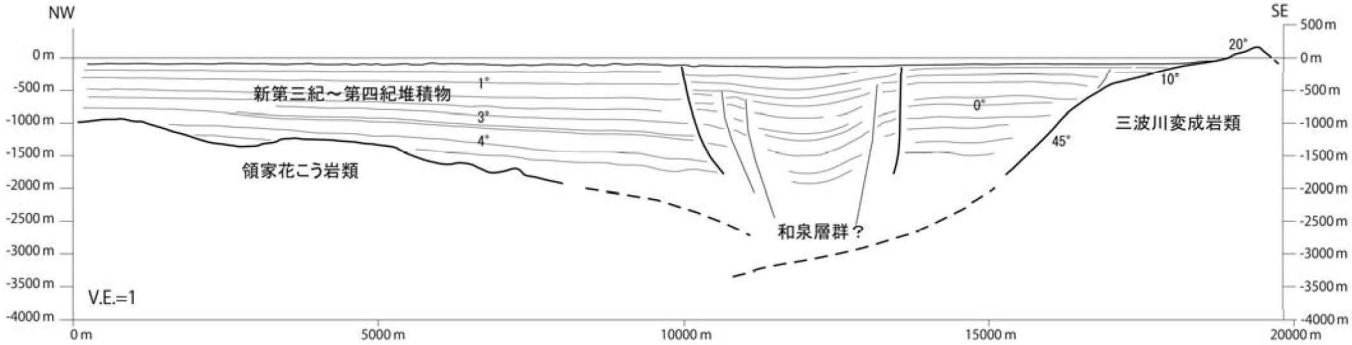
串沖

○串沖では，断層帯より北側では堆積層が薄くほぼ水平であるのに対し，南側では堆積層が厚く北へ傾斜しており，ハーフグラーベン状の構造を呈する。



伊方沖

○伊方沖では，堆積層の下位には北傾斜する三波川変成岩類，断層帯より北側では領家花こう岩類が認められ，両者の境界を示す反射面の傾斜角は約30度である。断層帯より北側では堆積層が厚く南へ緩く傾斜するのに対し，南側では堆積層が薄く水平で，三波川変成岩類と堆積層との間に認められる厚さ数百mの地層は和泉層群の可能性があり，北部では数条の断層によって複雑に切られている。領家花こう岩類/三波川変成岩類境界は中央構造線断層帯の北縁付近に直線的に連なる変位の累積が顕著に大きい断層の位置と対応する。一方，和泉層群/三波川変成岩類境界付近から沿岸にかけて，堆積層中に断層は認められない。



三崎沖

○三崎沖では，断層帯より北側では厚い堆積層が南へ緩く傾斜するのに対し，南側では厚い堆積層がほぼ水平で，沿岸の堆積層中には更新世以前に活動した北側落ちの断層が認められる。

まとめ
Conclusion

- 伊予灘では各種調査機関による稠密な音波探査が実施されており，特に伊方沖では位置精度の高い音波探査及び海底地形調査により，中央構造線断層帯の詳細な活断層分布が把握されている。

- 変位の累積が顕著に大きい断層は断層帯の北縁付近に直線的に連なり，伊方発電所から約8kmに位置する。

- 中央構造線断層帯の北縁付近に直線的に連なる断層はいずれも堆積層を高角に切っており，領家花こう岩類/三波川変成岩類境界の位置と概ね一致している。

- 三波川変成岩類と堆積層との間に認められる厚さ数百mの地層は和泉層群の可能性があり，北部では数条の断層によって複雑に切られている。

- 和泉層群/三波川変成岩類境界は，大局的には海岸線に並行して北東-南西方向に延びるが，直線性に乏しく大きく屈曲しており，伊方沖では沖合約1.5km付近を通過すると推定される。

- 伊方沖では，和泉層群/三波川変成岩類境界付近から沿岸にかけて，堆積層中に断層は認められない。

引用文献
References

- 原子力安全・保安院，2008，伊方発電所敷地前面海域における海上音波探査反射断面集，第12回Aｻﾌﾞ WG（H20.12.10）伊方発電所敷地前面海域の海上音波探査について.

- 水野清秀・岡田篤正・寒川旭・清水文健，1993，2.5 万分の 1 中央構造線活断層系 （四国地域） ストリップマップ説明書．構造図（8），地質調査所，63p.

- 中田　高・今泉俊文編，2002，活断層詳細デジタルマップ.

- 緒方正虔，1975，佐田岬半島北岸海域の地質構造ー音波探査による海底地質の考察ー，電力中央研究所土木技術研究所，電力中央研究所報告，375006.

- 岡田篤正・堤 浩之・中田 高・後藤秀昭・丹羽俊二，1998，1:25,000 都市圏活断層図「郡中」 国土地理院技術資料 D1-No.355.

- 産業技術総合研究所地質調査総合センター（編），2017，20万分の1日本シームレス地質図データベース2017年3月1日版．産業技術総合研究所研究情報公開データベースDB084，産業技術総合研究所地質調査総合センター.

- 由佐悠紀・竹村恵二・北岡豪一・神山孝吉・堀江正治・中川一郎・小林芳正・久保寺章・須藤靖明・井川　猛・浅田正陽，1992，反射法地震探査と重力測定による別府湾の地下構造，地震，第２輯，45，pp.199-212.